



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102902060 B

(45) 授权公告日 2015.09.09

(21) 申请号 201210359507.7

(56) 对比文件

(22) 申请日 2005.09.26

CN 1525220 A, 2004.09.01,
US 2002054424 A1, 2002.05.09,
US 6055090 A, 2000.04.25,
US 2002015215 A1, 2002.02.07,

(30) 优先权数据

60/613,566 2004.09.27 US
11/208,420 2005.08.19 US

审查员 龙云婷

(62) 分案原申请数据

200510105061.5 2005.09.26

(73) 专利权人 高通 MEMS 科技公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 克拉伦斯·徐

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

责任公司 11287

代理人 王允方

(51) Int. Cl.

G02B 26/00(2006.01)

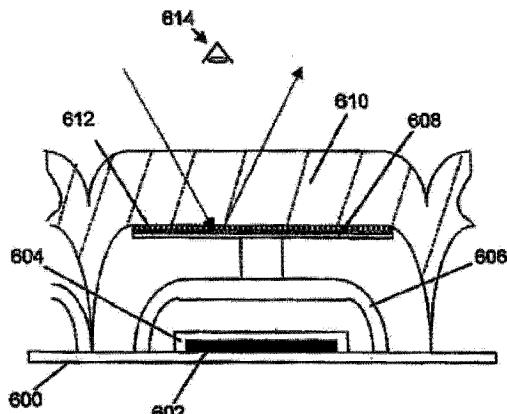
权利要求书3页 说明书29页 附图23页

(54) 发明名称

光子微机电系统和结构

(57) 摘要

一种光学装置包括一不透明的衬底。所述光学装置进一步包括一第一光学层，其至少部分地透射且至少部分地反射入射光。所述光学装置进一步包括一第二光学层，其至少部分地反射入射光。所述第二光学层与所述第一光学层间隔开。所述第一光学层与所述第二光学层中的至少一者可在一在所述第一光学层与所述第二光学层之间具有一第一距离的第一位置与一在所述第一光学层与所述第二光学层之间具有一第二距离的第二位置之间移动。所述第一光学层与所述第二光学层中的至少一者在所述第一位置与所述第二位置之间的移动调制所述装置的反射率。



1. 一种反转型干涉式调制器显示装置，其包含：

一衬底；

一设置于所述衬底上的静止反射体；

一可变形的可移动层，至少部分地反射光且至少部分地透射光，该可移动层与所述静止反射体间隔开以在两者间形成一空腔，其中所述可移动光学层在一距离所述静止反射体第一距离的释放位置与一距离所述静止反射体第二距离的受激励位置之间可移动通过所述空腔，所述第一距离大于所述第二距离以当所述可移动层在向所述静止反射体移动时受激励；

其中，所述装置经配置以使用干涉而实现一反射性彩色状态，且当所述可移动层位于距离所述静止反射体第二距离的所述受激励位置时经由吸收而实现一黑暗状态。

2. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述可移动层包含铬 Cr。

3. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述装置进一步包含设置于所述衬底上方并位于所述衬底与所述可移动层之间的第一电极，其中所述可移动层包含第二电极且所述可移动层响应于施加于所述第一和第二电极间的电压而在所述释放位置和受激励位置之间移动。

4. 根据权利要求 3 所述的装置，进一步包含一设置于所述衬底上并位于所述第一电极和所述衬底之间的钝化层。

5. 根据权利要求 3 所述的装置，其中所述第一电极和第二电极中的至少一个包含氧化铟锡 ITO。

6. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述衬底包含金属。

7. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述衬底包含铝、钢、金属箔、塑料、陶瓷材料、硅中的至少一个。

8. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述静止反射体包含所述衬底的一个表面，所述衬底表面位于所述衬底邻近所述可移动层一侧。

9. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述衬底是柔性的。

10. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述衬底包含电路。

11. 根据权利要求 10 所述的装置，其中所述衬底的不透明度足以遮蔽所述电路不受光照。

12. 根据权利要求 1 所述的装置，进一步包含设置于所述衬底上方并位于所述衬底和所述可移动层之间的电介质层。

13. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述衬底包含塑料，且其中所述第一电极包含所述静止反射体。

14. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述装置进一步包含一设置于所述衬底与所述第一电极之间的钝化层。

15. 根据权利要求 1 所述的装置，进一步包含一设置于所述第一电极与所述可移动层之间的电介质层。

16. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述衬底厚度在 0.1 毫米与 1.0 毫米之间。

17. 根据权利要求 1 所述的装置，进一步包含

一显示器，包含所述衬底、所述静止反射体，和所述可变形的可移动层；

一处理器，其与所述衬底电连通，所述处理器经配置以处理图像数据；和

一存储装置，其与所述处理器电连通。

18. 根据权利要求 17 所述的装置，进一步包含

第一控制器，经配置以发送至少一信号至所述显示器；及

第二控制器，经配置以发送所述图像数据中的至少一部分至所述第一控制器。

19. 根据权利要求 17 所述的装置，其进一步包含一经配置以发送所述图像数据到所述处理器的图像源模块。

20. 根据权利要求 19 所述的装置，其中所述图像源模块包含一接收器、收发器和发送器中的至少一者。

21. 根据权利要求 17 所述的装置，其进一步包含一经配置以接收输入数据且将所述输入数据传递到所述处理器的输入装置。

22. 一种反转型干涉式调制器显示装置，其包含：

衬底；

设置于所述衬底上的用于反射光的静止光反射构件；

一可移动构件，至少部分地反射光且至少部分地透射光，该可移动构件是可变形的且与所述静止光反射构件间隔开以在两者间形成一空腔，其中所述可移动构件在一距离所述静止光反射构件第一距离的释放位置与一距离所述静止光反射构件第二距离的受激励位置之间可移动通过所述空腔，所述第一距离大于所述第二距离以当所述可移动层在向所述静止光反射构件移动时受激励；

其中，所述装置经配置以使用干涉而反射一定颜色的光，且当所述可移动构件位于距离所述静止光反射构件第二距离的所述受激励位置时经由吸收而实现一黑暗状态。

23. 根据权利要求 22 所述的装置，其中所述静止光反射构件包含静止反射体。

24. 根据权利要求 22 所述的装置，其中所述可移动构件包含机械层，该机械层经配置在所述受激励位置和未受激励位置之间可移动。

25. 一种反转型干涉式调制器显示装置的制造方法，其包含：

提供一衬底；

于所述衬底上形成一静止反射体；

于所述静止反射体上形成一可变形的可移动层，所述可移动层至少部分地反射光且至少部分地透射光，该可移动层与所述静止反射体间隔开以在两者间形成一空腔，其中所述可移动层在一距离所述静止反射体第一距离的释放位置与一距离所述静止反射体第二距离的受激励位置之间可移动通过所述空腔，所述第一距离大于所述第二距离以当所述可移动层在向所述静止反射体移动时受激励；

其中，所述装置经配置以使用干涉而实现一反射性彩色状态，且当所述可移动层位于距离所述静止反射体第二距离的所述受激励位置时经由吸收而实现一黑暗状态。

26. 根据权利要求 25 所述的方法，进一步包含：

于所述衬底上方形成位于所述衬底与所述可移动层之间的第一电极；及

于所述第一电极上形成位于所述第一电极与所述可移动层之间的电介质层；

其中形成所述可变形的可移动层包含形成第二电极，其中所述装置经配置以便所述可移动层响应于施加于所述第一和第二电极间的电压而在所述释放位置和受激励位置之间移动。

27. 根据权利要求 25 所述的方法, 其中所述衬底包含金属。

28. 根据权利要求 25 所述的方法, 进一步包含形成位于所述衬底和所述第一电极之间的钝化层。

29. 根据权利要求 25 所述的方法, 其中所述衬底包含塑料。

30. 一种调制光的方法, 所述方法包含 :

提供一反转型干涉式调制器显示装置, 其包含 :

一衬底;

一设置于所述衬底上的静止反射体;

一可变形的可移动层, 至少部分地反射光且至少部分地透射光, 该可移动层与所述静止反射体间隔开以在两者间形成一空腔, 其中所述可移动层在一距离在所述静止反射体一第一距离的释放位置与一在所述静止反射体一第二距离的受激励位置之间可移动通过所述空腔, 所述第一距离大于所述第二距离以当所述可移动层在向所述静止反射体移动时被激励;

其中, 所述装置经配置以使用干涉而反射一定颜色的光, 且当所述可移动层位于距离所述静止反射体第二距离的所述受激励位置时经由吸收而实现一黑暗状态。

31. 根据权利要求 30 所述的方法, 其中所述装置进一步包含设置于所述衬底上方并位于所述衬底与所述可移动层之间的第一电极, 其中所述可移动层包含第二电极且所述可移动层响应于施加于所述第一和第二电极间的电压而在所述释放位置和受激励位置之间移动。

32. 根据权利要求 31 所述的方法, 其中所述装置进一步包含一设置于所述第一电极和所述衬底之间的钝化层。

33. 根据权利要求 31 所述的方法, 其中所述装置进一步包含设置于所述第一电极上并位于所述第一电极和所述可移动层之间的电介质层。

光子微机电系统和结构

[0001] 本申请是申请日为 2005 年 9 月 26 日,发明名称为“光子微机电系统和结构”,申请号为 200510105061.5 的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及微机电系统 (MEMS)。

背景技术

[0003] 微机电系统 (MEMS) 包括微机械元件、激励器和电子设备。微机械元件可采用沉积、蚀刻或其他可蚀刻掉衬底和 / 或所沉积材料层的若干部分或可添加若干层以形成电气和机电装置的微机械加工工艺制成。一种类型的 MEMS 装置被称为干涉式调制器。如本文所使用,术语干涉式调制器或干涉式光调制器指利用光学干涉的原理选择性地吸收和 / 或反射光的装置。在某些实施例中,干涉式调制器可包含一对导电板,其中之一或二者可为全部或部分地透明和 / 或反射的,且能够在施加一个适当的电信号时做出相对运动。在一特定实施例中,一个板可包含一沉积在一衬底上的静止层,且另一板可包含一通过气隙而与所述静止层分开的金属膜。在本文的较详细描述中,一个板相对于另一板的位置可改变入射在所述干涉式调制器上的光的光学干涉。上述装置具有广泛的应用范围,且在此项技术中,利用和 / 或修改这些类型装置的特性、以使其特性可用于改善现有产品和制造目前尚未开发的新产品将颇为有益。

发明内容

[0004] 在某些实施例中,一光学装置包含一不透明的衬底。所述光学装置进一步包含一第一光学层,其至少部分地透射且至少部分地反射入射光。所述光学装置进一步包含一第二光学层,其至少部分地反射入射光。所述第二光学层与第一光学层间隔开。所述第一光学层与所述第二光学层中的至少一者可在一在第一光学层与第二光学层之间具有一第一距离的第一位置与一在第一光学层与第二光学层之间具有一第二距离的第二位置之间移动。所述第一光学层与所述第二光学层中的至少一者在第一位置与第二位置之间的移动调制所述装置的反射率。

[0005] 在某些实施例中,一光学装置包含用于反射光的第一构件。所述第一反射构件至少部分地透射且至少部分地反射入射光。所述光学装置进一步包含用于反射光的第二构件。所述第二反射构件至少部分地反射入射光。所述第二反射构件与所述第一反射构件间隔开。所述第一反射构件与所述第二反射构件中的至少一者可在一在第一反射构件与第二反射构件之间具有一第一距离的第一位置与一在第一反射构件与第二反射构件之间具有一第二距离的第二位置之间移动。所述第一反射构件与所述第二反射构件中的至少一者在第一位置与第二位置之间的移动调制所述装置的反射率。所述光学装置进一步包含用于支撑第一反射构件与第二反射构件中的至少一者的构件,所述支撑构件是不透明的。

[0006] 在某些实施例中,一种方法制造一光学装置。所述方法包含提供一不透明衬底。所

述方法进一步包含在所述不透明衬底上形成一个或一个以上的层。所述一个或一个以上的层包括一第一光学层，其至少部分地透射且至少部分地反射入射光。所述一个或一个以上的层包括一第二光学层，其至少部分地反射入射光。所述第二光学层与所述第一光学层间隔开。所述第一光学层与所述第二光学层中的至少一者可在一在第一与第二光学层之间具有一第一距离的第一位置与一在第一与第二光学层之间具有一第二距离的第二位置之间移动。所述第一光学层与所述第二光学层中的至少一者在第一位置与第二位置之间的移动调制所述装置的反射率。

[0007] 在某些实施例中，一种方法调制光。所述方法包含提供一光学装置。所述光学装置包含一不透明衬底。所述光学装置进一步包含一第一光学层，其至少部分地透射且至少部分地反射入射光。所述光学装置进一步包含一第二光学层，其至少部分地反射入射光。所述第二光学层与所述第一光学层间隔开。所述第一光学层与所述第二光学层中的至少一者可在一在第一与第二光学层之间具有一第一距离的第一位置与一在第一与第二光学层之间具有一第二距离的第二位置之间移动。所述方法进一步包含在用光照射所述装置的同时移动所述第一光学层与所述第二光学层中的至少一者。

附图说明

[0008] 图 1A 是一并入一防反射涂层和集成补充照明装置的示例性显示衬底的示意性横截面。

[0009] 图 1B 示意性地说明了补充照明装置的另一方案。

[0010] 图 2 示意性地说明了一微机械加工弧光灯光源的示例性制造工艺的细节。

[0011] 图 3 说明了在一显示器中干涉式调制器阵列的示例性偏压中心驱动方案。

[0012] 图 4A 是说明一基于“基底 + 颜料”的概念的示例性彩色显示方案的图。

[0013] 图 4B 是一提供可重新配置场的以显示器为中心的产品的示例性系统的结构图。

[0014] 图 4C 示意性地说明了一示例性通用以显示器为中心的产品。

[0015] 图 5A 示意性地说明了一示例性干涉式调制器（展示为非受激励状态）的几何形状，其从机电运转状态（behavior）去耦光学运转状态。

[0016] 图 5B 示意性地说明了在受激励状态下的图 5A 中的干涉式调制器。

[0017] 图 5C 为展示在黑白状态下的图 5A 和图 5B 的干涉式调制器设计的性能的曲线。

[0018] 图 5D 为展示在数种彩色状态下的图 5A 和图 5B 的干涉式调制器设计的性能的曲线。

[0019] 图 6A 示意性地说明了另一示例性干涉式调制器，其从机电运转状态耦光学运转状态且隐藏了支撑结构，所述干涉式调制器展示为非受激励状态。

[0020] 图 6B 示意性地说明了在受激励状态下的图 6A 中的干涉式调制器。

[0021] 图 7A 示意性地说明了在一状态下的示例性干涉式调制器设计，其利用了各向异性应力膜。

[0022] 图 7B 示意性地说明了在另一状态下的图 7A 的干涉式调制器。

[0023] 图 8A 示意性地说明了一利用旋转激励的示例性干涉式调制器。

[0024] 图 8B 示意性地说明了图 8A 的干涉式调制器的示例性制造顺序。

[0025] 图 9A 是一示例性 MEMS 开关的结构图。

- [0026] 图 9B 是基于 MEMS 开关的例示性行驱动器的结构图。
- [0027] 图 9C 是基于 MEMS 开关的例示性列驱动器的结构图。
- [0028] 图 9D 是基于 MEMS 开关的例示性“与非”门的结构图。
- [0029] 图 9E 是一并入基于 MEMS 的逻辑和驱动器组件的例示性显示系统的结构图。
- [0030] 图 10A 到图 10H 示意性地说明了一例示性 MEMS 开关的结构、制造和操作。
- [0031] 图 10I 和图 10J 说明了两个替代例示性开关设计。
- [0032] 图 11A 示意性地说明了一例示性基于微环的 2-D 光子结构。
- [0033] 图 11B 示意性地说明了一例示性周期性 2-D 光子结构。
- [0034] 图 12 示意性地说明了一例示性 3-D 光子结构。
- [0035] 图 13A 示意性地说明了一并入一微环结构且在非受激励状态下的例示性干涉式调制器。
- [0036] 图 13B 示意性地说明了在受激励状态下的图 13A 的干涉式调制器。
- [0037] 图 13C 示意性地说明了一并入一周期性 2-D 光子结构的例示性干涉式调制器。
- [0038] 图 14A 示意性地说明了一用作光学开关的例示性干涉式调制器。
- [0039] 图 14B 示意性地说明了用作光学衰减器的图 14A 的干涉式调制器的例示性变形。
- [0040] 图 15A 示意性地说明了一用作光学开关或光学去耦器的干涉式调制器。
- [0041] 图 15B 示意性地说明了用作 $N \times N$ 光学开关的干涉式调制器的组合。
- [0042] 图 16 示意性地说明了一可调干涉式调制器结构的例示性制造顺序。
- [0043] 图 17A 示意性地说明了一并入一波长选择开关中的例示性可调干涉式调制器结构。
- [0044] 图 17B 示意性地说明了进一步并入固态装置中的图 17A 的波长选择开关。
- [0045] 图 17C 示意性地说明了与波长选择开关集成的碰撞结合组件。
- [0046] 图 18A 是一例示性双通道均衡器 / 混频器的示意性代表。
- [0047] 图 18B 示意性地说明了采用基于干涉式调制器的组件的图 18A 的均衡器 / 混频器的例示性建构。
- [0048] 图 19 示意性地说明了一连续的基于卷的制造工艺。
- [0049] 图 20A 到图 20F 示意性地说明了一干涉式调制器的膜层中的变形导致了由所述干涉式调制器所显示的颜色的变化。图 20G 示意性地说明了一可用于评估一沉积薄膜的剩余应力状态的例示性系统。
- [0050] 图 21A 到图 21E 示意性地说明了不连续膜。图 21A 示意性地说明了一具有独特的防反射性质的不连续薄膜的例示性形式。图 21B 和图 21C 示意性地说明了在早期形成阶段中的例示性薄膜。图 21D 和图 21E 示意性地说明了一例示性多孔不连续薄膜。
- [0051] 图 22A 示意性地说明了一反转型干涉式调制器，其中所述配置去耦所述装置的光学和机电性质。
- [0052] 图 22B 示意性地说明了另一例示性反转型干涉式调制器，其中所述衬底是高度反射的。
- [0053] 图 23A 和图 23B 是说明一包含干涉式调制器的例示性显示装置的系统结构图。

具体实施方式

[0054] 以下具体实施方式涉及本发明的某些具体实施例。但是，本发明可通过许多种不同的方式实施。在本文的实施方式中将参照附图，在附图中，相似部件自始至终使用相似的编号标识。根据以下描述将不难发现，本发明可在任何被配置以显示一无论是运动（视频）或静止（静止图像）且无论是文字或图片形式的图像的装置中实施。更具体而言，预期本发明可在例如（但不限于）以下等多种电子装置中实施或与这些电子装置相关联：移动电话、无线装置、个人数据助理（PDA）、手持式计算机或便携式计算机、GPS 接收器 / 导航器、照相机、MP3 播放器、摄录机（camcorder）、游戏机、手表、时钟、计算器、电视监视器、平板显示器、计算机监视器、汽车显示器（例如，里程表显示器等）、驾驶舱控制器和 / 或显示器、照相机视图显示器（例如，车辆的后视照相机显示器）、电子照片、电子告示牌或标牌、投影仪、建筑结构（例如砖瓦的布局）、包装和美学结构（例如，一件珠宝的图像显示器）。与本文所描述的结构类似的 MEMS 装置也可用于诸如电子开关装置的非显示应用中。

[0055] 防反射涂层

[0056] 一个先前描述的干涉式调制器设计的属性在于其暗状态的效率，其中其可吸收入射到其上的光的多达 99.7%。这较高的暗状态效率有益于反射显示器。在所描述的设计中，干涉式调制器在非受激励状态下反射一某颜色的光，且在受激励状态下吸收光。

[0057] 因为干涉式调制器阵列存在于一衬底上，所以所述衬底的固有反射减小了吸收的潜在可能性。在玻璃衬底的情况下，反射量通常为可见光谱的约 4%。因此，不管干涉式调制器结构的吸收能力如何，一暗状态仅可与所述衬底将允许的前表面反射一样暗。

[0058] 一种改良一基于干涉式调制器的显示器的总体性能的方法是通过并入防反射涂层（AR 涂层）。这些涂层可包含沉积在一衬底表面上的一个或一个以上电介质薄膜层，且其经设计以减少来自彼表面的反射。这些薄膜有许多不同的可能配置，且其设计和制造是我们所熟知的技术。一种简单的薄膜设计是氟化镁的单一涂层，其厚度大约为相关光的四分之一波长。另一实例使用了沉积在玻璃上的四分之一波长的氟化铅薄膜，随后是四分之一波长的氟化镁薄膜，另一第三实例是在两层薄膜之间插入一硫化锌薄膜。

[0059] 图 1A 说明了一例示性方法，其中一 AR 涂层可并入一干涉式调制器显示器中以改良所述显示系统的性能。在图 1A 中，AR 涂层 100（如上所述可包含一层或多层薄膜）沉积在结合到玻璃衬底 106 上的玻璃层 102 的表面上，在玻璃衬底 106 的相对侧制造干涉式调制器阵列 108。在某些实施例中 AR 涂层 100 的存在通过将较多的入射光 109 耦合入玻璃层 102 来减少从所述表面反射的入射光 109 的量。结果是由干涉式调制器阵列 108 对较多的入射光 109 起作用，且当所述干涉式调制器操作于吸收模式下时可获得一较暗的显示状态。在某些实施例中 AR 涂层 100 也可直接沉积在玻璃衬底 106 上与干涉式调制器阵列 108 相对的一侧的表面上。

[0060] 集成照明装置

[0061] 图 1A 也展示了在某些实施例中如何可将补充照明光源供给所述显示器。在图 1A 的示性实施例中，一阵列的显微弧光灯 104 被制造于玻璃层 102 中。弧光灯为有效的光源。历史上曾经采用与制造普通灯泡相关的技术来制造弧光灯。在美国专利第 4,987,496 号中描述了此种灯的一典型形式。制成一玻璃容器，且将分别制造的电极封闭于所述容器中。在填充一适当的气体之后，将所述容器密封。虽然可将此种灯泡制造的足够小，但是其制造方法可能不适合于此种灯泡的较大整体阵列的制造。

[0062] 用于制造微机械结构的技术可应用于制造显微放电灯或弧光灯。因为这些“微型灯”的显微大小,所以在某些实施例中驱动“微型灯”的电压和电流显著低于要求供给利用常规方法和大小制造的弧光灯的电压和电流。在图 1A 的实例中,制造所述阵列使得由灯 104 发出的光 113 由一固有反射层 111 导向干涉式调制器阵列 108,此将在下文描述。

[0063] 图 2 提供关于如何制造一个此种例示性灯(经优化用于一平板显示器)的细节。如下描述顺序。如在步骤 1 中可见,采用湿式或干式化学蚀刻来蚀刻玻璃层 200 以形成一反射碗 201。所述碗的深度和形状由每一灯所需的照明面积决定。一浅碗将产生一较广的反射束扩展而一抛物线状碗将倾向于准直所反射的光。所述碗的直径可在 10 微米到数百微米间变化。在某些实施例中此尺寸由从观察者的角度可为可接受地模糊的显示面积量来决定。其也是微型灯的阵列密度的函数。在步骤 2 中,使用标准沉积技术(例如,溅镀)和标准光刻技术来沉积且图案化一反射器 / 金属卤化物层 204 和牺牲层 202。所述反射器 / 金属卤化物层可为包含铝(反射器)和诸如碘化铊、碘化钾和碘化铟的金属卤化物的薄膜堆叠。所述金属卤化物可(虽然非本质上)增强所产生光的性质。所述牺牲层可为诸如硅的层。

[0064] 然后,在步骤 3 中,沉积且图案化电极层 206 以形成两个独立的电极。此材料可为诸如钨的难熔金属,且将具有足以提供机械支撑的厚度,约为数千埃。然后利用一干式释放技术来移除牺牲层 202。在某些实施例中通过将组合件(以一阵列的这些灯的形式)结合到一类似玻璃板的衬底 106(图 1A 中展示)使得将所述反射器面向所述板来密封所述组合件。使用诸如氩的气体回填在密封过程中由灯形成的空腔到约一个大气压力的压力。此可通过在先前已经填充氩的气密室内执行密封过程来完成。

[0065] 在步骤 4 中,对每一灯的电极施加足够电压将导致在电极末端之间的气体中放电,和导致在远离反射器 204 的方向上发出光 205。如果间隙间距为约数百微米或更少,那么此电压可低至数十伏特。如果电极材料以极小的应力沉积,那么牺牲层 202 将决定电极在所述碗内的位置。在此情形下,在某些实施例中选择厚度以使放电定位在所述碗的焦点上。如果存在剩余应力(其将引起电极在被释放时移动),那么在某些实施例中选择厚度以补偿此运动。一般来说,所述厚度将仅为所述碗深度的某个分数,从几微米到几十微米。

[0066] 再看图 1A,其中展示光沿一路径 113 传播。因此,光朝所述干涉式调制器阵列发出,在其处光被作用且随后沿路径 110 被所述阵列反射到界面 107 和观察者 115。

[0067] 可将所述灯制造成不包括反射层使得其可全向发光。

[0068] 经制造成具有或不具有反射器的灯可用于需要显微光源或光源阵列的多种应用中。这些应用可包括投影显示器、用于发射性平板显示器的背光或用于内部(住宅、建筑物)或外部(汽车、手电筒)用途的普通光源。

[0069] 参看图 1B,其中展示一种替代例示性补充照明光源方法。光导 118 包含一已结合到衬底 112 的玻璃或塑料层。光源 116(其可包含任何数目的发射光源,诸如荧光管、LED 阵列或前述微型灯阵列)安装在所述光导的相对侧。使用一准直仪 120 使光 122 耦合于所述光导中,从而使得大部分光通过全内反射而收集在所述导向器内。散射垫 124 时所述光导的一区域,其已使用湿式或干式化学方法变粗糙。所述散射垫涂有一材料或薄膜堆叠 126,其存在一朝着衬底 112 的反射表面和一朝着观察者 128 的吸收表面。

[0070] 当收集在导向器内的光入射在散射垫上时,违反了全内反射的条件且光的某些部

分 129 在所有方向上散射。正常情况下朝观察者 128 逸入周围介质中的散射光由于反射涂层侧 126 的存在而反射进入衬底 112。类似于前述的微型灯，某些实施例的散射垫被制造成一阵列，其中每一垫被形成所需尺寸使得其直视模糊的显示器部分几乎不能被看到。虽然这些尺寸较小（约为数十微米），但是由于下面的干涉式调制器阵列 114 的固有光学效率其可提供足够的补充照明。所述散射垫的形状可为圆形、矩形或可最小化观察者的知觉的任意形状。

[0071] 在一阵列中的定址元件

[0072] 在某些实施例中，为了显示目的而以协调方式激励干涉式调制器的阵列，以一通常已知为“每次传送一行”的方式将一电压序列施加到所述阵列的行和列上。基本概念为施加一足够电压到一特定行上，使得施加到选定列上的电压根据所述列电压而引起在选定行上的相应元件激励或释放。某些实施例中的阈值和所施加电压必须使得仅在选定行上的元件受所施加的列电压的影响。通过依序选择包含所述显示器的所述行组可在一段时期内定址整个阵列。

[0073] 在图 3 中展示了完成此目的的一个例示性简单方法。滞后曲线 300 是一反射性干涉式调制器的电光相应的理想表示。x 轴展示所施加的电压，且 y 轴展示所反射光的振幅。因为当电压增加超过接通阈值 (pull-in threshold) 时，所述干涉式调制器结构激励且变为高度吸收性，所以某些实施例的干涉式调制器展示出滞后现象。当降低所施加的电压时，必须使所施加的电压降到释放阈值以下以使得所述结构退回非受激励的状态。所述接通阈值和释放阈值之间的差值产生了滞后窗口。在美国专利第 5,986,796 号中讨论了所述滞后效应以及一替代的定址方案。在某些实施例中可通过始终维持一偏压 V_{bias} 以保持所述干涉式调制器在其受驱动或是在被释放的状态中的任何状态下来利用所述滞后窗口。电压 V_{off} 和 V_{on} 对应于激励或释放所述干涉式调制器结构所需的电压。在某些实施例中通过使用已知为列驱动器和行驱动器的电子设备来将电压施加给所述列和行以驱动所述阵列。已将干涉式调制器制造为具有 6 伏特的接通阈值和 3 伏特的释放阈值。对于所述装置， V_{bias} 、 V_{off} 和 V_{on} 的典型值分别为 4.5 伏特、0 伏特和 9 伏特。

[0074] 在图 3 中，时序图 302 说明可施加以激励干涉式调制器的阵列的波形种类，所述干涉式调制器的阵列展示一类似于曲线 300 的滞后曲线。总共有五个电压（两个列电压和三个行电压）用于某些实施例。在某些实施例中选择所述电压使得 V_{co11} 正好是 V_{bias} 值的两倍，且 V_{co10} 是零伏特。在某些实施例中选择所述行电压使得在 $V_{sel\ F0}$ 与 V_{co10} 之间的差值等于 V_{on} ，且 $V_{sel\ F0}$ 与 V_{co11} 之间的差值等于 V_{off} 。相反地，在某些实施例中， $V_{sel\ F1}$ 与 V_{co11} 之间的差值等于 V_{on} ，且 $V_{sel\ F1}$ 与 V_{co10} 之间的差值等于 V_{off} 。

[0075] 定址发生在交替的帧 0 和 1 中。在一例示性定址顺序中，在帧 0 期间将行 0 的数据载入所述列驱动器，导致根据所述数据是二进制的一还是零来分别施加 V_{co11} 或 V_{co10} 的电压电平。在安排好数据之后，行驱动器 0 施加一具有 $V_{sel\ F0}$ 值的选择脉冲。这导致存在 V_{co10} 的列上的任何干涉式调制器变为受激励，且存在 V_{co11} 的列上的干涉式调制器释放。依序将下一行的数据载入所述列且施加一选择脉冲到此行等等，直至到达所述显示器的末端。定址然后再次从行 0 开始；然而这次所述定址发生在帧 1 内。

[0076] 在所述帧之间的差异在于转换了在数据电压与列电压之间的对应关系，现由 V_{co10} 代表二进制零，且所述行选择脉冲现为 $V_{sel\ F1}$ 的电平。利用此技术，在某些实施例

中施加给显示阵列的全部电压极性随每一帧而交替。这尤其对基于 MEMS 的显示器有益，因为其允许补偿在仅施加单一极性的电压时可发生的任何 DC 电平电荷累积。在所述结构内的电荷累积可显著地偏移所述干涉式调制器或其他 MEMS 装置的电光曲线。

[0077] 彩色显示方案

[0078] 因为干涉式调制器是具有各种潜在光学响应的通用装置，所以使得许多不同的彩色显示方案具有不同的属性。一个潜在的方案利用了这个事实：存在能够在相同的干涉式调制器中实现彩色状态、黑暗或黑色状态和白色状态的二进制干涉式调制器设计。这种能力可用于实现一可描述为“基底 + 颜料”的彩色方案。使用此术语的原因在于所述方法类似于通过将颜料添加到一白色基底以完成想要的颜色从而产生油漆颜色的方式。通过使用此方法，一些油漆可通过控制添加到基底的颜料的种类和数量而获得一光谱中的任何颜色和任何水平的饱和度。相同方法可用于描述一并入有彩色和黑白像素的显示器。

[0079] 如图 4A 所示，一示范性像素 400 包含五个子像素元件 402、404、406 和 408，每个子像素能够分别反射红光、绿光、蓝光和白光。所有子像素都能够处于一黑暗状态。通过使用于美国专利第 5,835,255 号中所论述的与脉冲宽度调制相关的技术来实现对每个子像素的亮度控制。与适当选择的相对子像素的大小相结合，此可导致产生一像素，其中对所述像素亮度及饱和度执行较大程度的控制。例如，通过最小化白色子像素的总体亮度，可实现高度饱和的色彩。相反，通过最小化彩色子像素的亮度或通过与白色子像素相结合地将彩色子像素的亮度最大化，可实现明亮的黑白模式。很明显也可获得在其之间的所有变化形态。

[0080] 使用者对彩色方案的控制

[0081] 先前所描述彩色方案的某些实施例以及一基于干涉式调制器的显示器在分辨率、灰阶深度和刷新率方面的固有属性提供了显示性能上的弹性。给定此范围，向使用者提供一包含此显示器的产品使得使用者对其总体特征加以控制是有益的。或者，显示器自动地适应不同的观看需要同样可为具有优势的。

[0082] 例如，如果在仅观看文本的情形下，那么使用者可能想要于黑白模式下使用产品。然而，在另一情形下，所述使用者可能想要观看高质量的彩色静止图像，或在又一模式下其可能想要观看现场直播视频。这些模式中的每个模式尽管都潜在地处于一给定干涉式调制器显示器配置的范围内，但都要求某些属性的平衡。平衡包括低刷新率，如果要求高分辨率成像；或包括实现高灰阶深度的能力，如果仅要求黑色和白色。

[0083] 为了向使用者提供这种按需弹性，某些实施例的控制器硬件可在某种程度上加以重新配置。平衡是此事实的结果：任何显示器仅具有一某些量的带宽，其根本上受到像素元件响应时间的限制且因此决定了在一给定时间内可显示的信息量。

[0084] 图 4B 中说明一个可提供此类弹性的示范性显示器结构。在此方框图中，逻辑控制器 412 通过使用各种 IC（集成电路）技术中的一种技术而实施，其中包括可编程逻辑装置（PLA）和场可编程门阵列（FPGA），其允许在出厂之后改变或重新配置所述组件的功能。此类在传统上用于诸如数字信号处理或图像压缩的特殊应用的装置可为这些处理提供高性能，同时在并入有这些装置的产品的设计阶段期间提供弹性。

[0085] 某些实施例的控制器 412 将信号和数据提供至用于定址显示器 418 的驱动电子设备 414 和 416。常规控制器是基于 IC 或特殊应用集成电路（ASIC），其在制造期间依靠其设计而有效地“被编程”。某些实施例的控制器 412 包含一包含有许多基础和较高水平的

逻辑组件（逻辑门和逻辑模块或门组件）的内部芯片布局（chip layout）。通过使用诸如 PLA 或 FPGA 的场可编程装置，不同显示配置可从一可为存储器或常规微处理器及存储器的组件 410 以硬件应用程序或“硬件应用程序（hardapp.）”的形式被加载至显示控制器组件中。所述存储器可为 EEPROM（电可擦写可编程只读存储器）或其它可编程存储装置的形式，且所述处理器可采用简单微控制器的形式，其功能为将硬件应用程序从存储器中加载至 FPGA，除非此加载过程由与所述产品的通用功能相关联的任何处理器来执行。此方法较具优势，原因在于以相对简单的电路其可能实现宽广范围的不同显示器效能配置和混合的显示器扫描速率，且具有将其结合起来的潜能。

[0086] 屏幕的一部分（例如）可作为一低分辨率的文本输入区域而加以操作，同时另一部分提供对所收到电子邮件的高质量的再现。在显示器总体带宽的限制下，此可通过改变显示器不同区段的刷新率和扫描次数来实现。可快速扫描低分辨率文本区域且对应于一位或两位的灰阶深度仅扫描一次或两次。可快速扫描高度再现的电子邮件区域且对应于三位或四位的灰阶而扫描三次或四次。

[0087] 可配置电子产品

[0088] 此概念在某些实施例中可扩展到不仅包括显示控制器的功能，而且包括整个产品的功能。图 4C 展示一通用便携式电子产品 418 的示范性配置，其于其核心 420 处具有一可编程逻辑装置或均等装置。在诸如 PDA（个人数字助理）和电子管理器的许多以显示器为中心的个人电子产品中，中央处理器是一使用一精简的指令集的 RISC（精简指令集计算机）的变形。尽管 RISC 处理器为支持大多数个人电脑的 CPU 的更具效率的变形，但其仍然是为执行重复任务（诸如从存储器中检索指令）而消耗大量能量的通用处理器。

[0089] “ng for General-Purpose”，Proc. IEEE Workshop on FPGA-based Custom Computing Machines, 1998 中有详细描述。

[0090] 再次参看图 4C，在某些实施例中，硬件应用程序处理器 420 处于 I/O 设备和周边设备的集合的中心处，且其将基于当前所加载的硬件应用程序的性质和功能来采用、修改或忽略所述 I/O 设备和周边设备。在某些实施例中，所述硬件应用程序可从存在于产品中的存储器 422 中而加载，或经由 RF 或 IR 界面 424 而从一外部源中加载，其可从互联网、蜂窝网络或其它电子装置下载硬件应用程序，连同与一某些硬件应用程序相关的内容。硬件应用程序的其它实例包括音频界面 432 的语音识别或语音合成算法、笔控输入 426 的手写识别算法和显示器 428 与图像输入装置 430 的图像压缩和处理模式。此产品可依靠其主要组件，以显示器作为主要的使用者界面和可重新配置的核心处理器来执行无数功能。此装置的全部能量消耗可在数十毫瓦的数量级上，相对而言现有产品所消耗能量的数量级为数百毫瓦。

[0091] 从光学特征上解耦机电特征

[0092] “ng for General-Purpose”，Proc. IEEE Workshopng for General-Purpose”， Proc. IEEE Workshop on FPGA-based Custom Computing Machines, 1998 中有详细描述。

[0093] 再次参看图 4C，在某些实施例中，硬件应用程序处理器 420 处于 I/O 设备和周边设备的集合的中心处，且其将基于当前所加载的硬件应用程序的性质和功能来采用、修改或忽略所述 I/O 设备和周边设备。在某些实施例中，所述硬件应用程序可从存在于产品中的存储器 422 中而加载，或经由 RF 或 IR 界面 424 而从一外部源中加载，其可从互联网、蜂窝

网络或其它电子装置下载硬件应用程序,连同与一某些硬件应用程序相关的内容。硬件应用程序的其它实例包括音频界面 432 的语音识别或语音合成算法、笔控输入 426 的手写识别算法和显示器 428 与图像输入装置 430 的图像压缩和处理模式。此产品可依靠其主要组件,以显示器作为主要的使用者界面和可重新配置的核心处理器来执行无数功能。此装置的全部能量消耗可在数十毫瓦的数量级上,相对而言现有产品所消耗能量的数量级为数百毫瓦。

[0094] 从光学特征上解耦机电特征

[0095] 美国专利第 6,674,562 号先前已描述了用于从一干涉式调制器的光学性能解耦其机电性能的示范性干涉式调制器设计。本文所描述的某些实施例利用一反转型干涉式调制器配置,其实例在图 5A、图 5B、图 6A、图 6B、图 22A 和图 22B 中得以说明,以从光学性能上至少部分地解耦机电性能。类似于许多其它干涉式调制器设计,反转型干涉式调制器设计使用静电力来改变一干涉腔的几何形状。本文所描述的某些实施例从干涉式调制器的光学运转状态解耦干涉式调制器的机电运转状态,进而允许适用于干涉式调制器的某些组件的结构设计和材料独立于其光学性质而被加以选择。

[0096] 在图 5A 和图 5B 所展示的示范性干涉式调制器中,电极 502 被制造于衬底 500 上且通过绝缘薄膜 504 而与膜 / 镜面 506 电绝缘。所述电极 502 与观看表面相对地放置且仅用作一电极,而非用作一镜面。一光学腔室 505 形成于膜 / 镜面 506 与第二镜面 508 之间。由一透明上层结构 510 提供对于第二镜面 508 的支撑,所述上层结构可为一厚的沉积有机物,诸如 SU-8、聚酰亚胺或一无机材料。

[0097] 在某些实施例中,不施加电压,膜 / 镜面 506 保持于图 5A 所展示的一相对于第二镜面 508 的某些位置处,其由制造期间所沉积的牺牲层厚度来决定。对于约四伏的激励电压,数千埃的厚度可为适当的。如果所述第二镜面由一适当材料(例如,铬)制成且所述镜面 / 膜由一反射性材料(诸如铝)制成,那么所述结构将反射可为观察者 512 所察觉的某些频率的光 511。具体而言,如果所述铬层足够薄以达到半透明(约 40 埃),且所述铝层足够厚以达到不透明(至少 500 埃),那么所述结构可具有一较为广泛的光学响应。图 5C 和图 5D 分别展示图 5A 和图 5B 的示范性干涉式调制器的黑白和彩色响应的实例。在某些此类实施例中,光学响应是由腔室长度和组成层的厚度来决定的。

[0098] 图 5B 展示出将电压施加于图 5A 的示范性干涉式调制器的主电极 502 与膜 / 镜面 506 之间所产生的结果。如图 5B 所示,膜 / 镜面 506 垂直位移,因此改变了光学腔室的长度且因此改变了干涉式调制器的光学性质。图 5C 展示一示范性反射性光学响应,其具有两个可能状态:当装置被完全激励时显示黑色状态 521;当装置被不完全激励时显示一白色状态 523。图 5D 展示一示范性光学响应,以颜色峰值 525、527 和 529 分别对应于蓝色、绿色和红色。因此,某些实施例中所述装置的机电运作状态可独立于光学性能而受控制。在某些实施例中,衬底 500、主电极 502 或绝缘薄膜 504 的材料和配置会影响干涉式调制器的机电性质,但并不显而易见地影响干涉式调制器的光学性能。在某些此类实施例中,一或一个以上的这些元件可独立于包含有第二镜面的材料而加以选择。

[0099] 机械 / 镜面层 2210 与金属镜面 2214 之间。机械 / 镜面层 2210 由第一支撑柱 2208 支撑,且透明层 2216 由第二支撑柱 2212 支撑。在某些实施例中,导体 2204 连接至一驱动机构且适用于机械 / 镜面层 2210 的静电位移。图 22A 中机械 / 镜面层 2210 的实线展示一未

驱动或未位移状态，而图 22A 中机械 / 镜面层 2210 的虚线展示一被驱动或位移状态。通机械 / 镜面层 2210 与金属镜面 2214 之间。机械 / 镜面层 2210 由第一支撑柱 2208 支撑，且透明层 2216 由第二支撑柱 2212 支撑。在某些实施例中，导体 2204 连接至一驱动机构且适用于机械 / 镜面层 2210 的静电位移。图 22A 中机械 / 镜面层 2210 的实线展示一未驱动或未位移状态，而图 22A 中机械 / 镜面层 2210 的虚线展示一被驱动或位移状态。通常对机械 / 镜面层 2210 加以选择以当其与电介质 2206 接触时对入射光产生一所期望的光学响应。

[0100] 在某些实施例中，观察者 2201 从衬底 2202 的相对边侧观察图像。当机械 / 镜面层 2210 在某些实施例中经受静电位移时，第一腔室 2218 塌陷且第二腔室 2220 膨胀，使得金属镜面层 2214 与机械 / 镜面层 2210 之间的间隙扩大。如美国专利第 6,055,090 号中所描述的其它示范性简单干涉式调制器设计通过使用干涉而实现一反射性彩色状态且经由吸收而实现一黑暗状态。因为所得的驻波峰值最优地处于第二腔室 2220 内以使吸收最大化，所以在某些此类示范性干涉式调制器中可实现黑暗状态。当机械 / 镜面层 2210 移动到接触或更靠近电介质 2206 时，驻波移出所在位置，依据电介质 2206 与机械 / 镜面层 2210 之间的预定间隙而反射蓝光、绿光或红光。通过将金属镜面层 2214 与机械 / 镜面层 2210 之间的间隙变窄，调制器可大体上反射可见光谱中所有的波长，以导致一反射性白光状态。如上文所述，在某些实施例中，一反转型干涉式调制器的观察者 2201 从衬底的相对边侧观察图像，而不是通过衬底观察图像。

[0101] 在某些实施例中，衬底包含位于可移动镜面上与显示侧相对的一侧且大体上不与经调制的光互相作用的一部分反转型干涉式调制器。如本文所使用，术语“显示侧”用于指代反转型干涉式调制器的可供观察者看到经调制光的一侧。图 22A 的衬底 2202、导体 2204 和电介质层 2206 都处于机械 / 镜面层 2210 的下方，进而位于与机械 / 镜面层 2210 的显示侧相对的一侧。在机械 / 镜面层 2210 大体上不透明（例如，全反射）的某些实施例中，从显示侧照射到调制器 2200 上并由调制器 2200 调制的光大体上不受衬底 2202、导体 2204 或电介质层 2206 的光学性质的影响。因此，在某些实施例中，衬底 2202、导体 2204 和电介质层 2206 中的至少一者可被选择为大体上对光不透明的（例如，不透明的、高反射性的或半透明的）。在某些实施例中，衬底 2202 包含导体 2204、电介质层 2206 或包含导体 2204 与电介质层 2206 两者。

[0102] 反转型干涉式调制器的衬底、导体和电介质层中的至少一者是不透明的某些实施例提供其它反转型干涉式调制器中所未发现的优点。例如，典型反转型干涉式调制器在衬底上或于衬底内具有导电迹线，且这些导电迹线电耦接到导体。如果衬底大体上是透明的，那么从显示侧看去这些导电迹线是“浮动的”而无需任何可视的支撑结构。当从显示侧观看反转型干涉式调制器时，所述导电迹线与透明衬底的组合可在调制器之间产生一呈灰色或具有莫尔条纹图案 (moire pattern) 的周边部分。此外，可从显示侧看到从下方（例如，穿过衬底的一透明部分）进入到调制器的光。因此，当从显示侧观看时，采用具有一透明衬底的反转型干涉式调制器的显示器展现出减弱的对比度。

[0103] 光罩或遮片可用于试图避免此类对比度减弱的情况，然而，这些光罩要求向所述反转型干涉式调制器添加入额外的结构和处理步骤。在某些实施例中，衬底被选择为不透明的（例如，不透明的、高反射性的或半透明的），使得其与导电迹线的光学外观相匹配，进而当从显示侧观察时提供一均匀的周边部分。在某些其它实施例中，衬底被选择为不透明

的且非反射性的（例如，黑暗），使得其与所述反转型干涉式调制器处于黑暗状态时的颜色相匹配。在某些其它实施例中，对衬底加以选择以避免采用光罩结构或处理步骤。

[0104] 在某些实施例中，具有一不透明衬底有利地避免归因于光刻期间的光散射所产生的处理问题。在某些实施例中，在反转型干涉式调制器的制造期间，光刻技术用于形成调制器的各种特征。对于衬底上结构的光刻制造，如果衬底大体上透过用于光刻的光（例如，紫外光），那么而后由衬底下方的部件或表面所散射的光可导致光刻光的漫射。此光散射而后可影响（例如，限制清晰度、精度或最小尺寸）所得的光刻形成结构的尺寸。类似地，一透明导体或一透明电介质层可产生不想要的光刻光的散射，进而影响覆盖于上方的光刻形成结构的尺寸。在本文所描述的某些实施例中，通过使用对光刻光大体上不透明的衬底来削弱或消除此类散射。

[0105] 在某些实施例中，具有一不透明衬底有利地遮蔽下方的电路免受杂散光的影响。在某些实施例中，反转型干涉式调制器在一包含电路的半导体衬底（例如，硅）上制成，其中所述电路包括（但不限于）被动组件（例如，薄膜电阻器、电容器、电感器）及主动组件（例如，二极管、晶体管、集成电路）。例如，一硅衬底可制成为具有可按比例缩放到干涉式调制器阵列大小的电容感应电路。在某些实施例中，此类感应电路可用于监控阵列中每个干涉式调制器的状态（例如，以提供存储器功能）或用于感应施加到衬底上的外力（例如，以提供触摸屏功能）。在某些其它实施例中，衬底包含控制电路。

[0106] 如果衬底为透明的，那么杂散光可进入到衬底的电路中。所述杂散光可潜在地损害电路或可于电路中产生电荷载体，进而影响由电路所产生的噪音和信号的精确度。通过使用一不透明衬底，大体保护下方的衬底电路免受杂散光的影响。

[0107] 在某些实施例中，具有一不透明衬底有利地允许标准半导体处理设备用于制造干涉式调制器。例如，对于通过使用硅衬底来制造平板显示器而言，各种制造步骤都依赖于硅晶片的取向。硅晶片的上表面通常具有形成于上面的各种结构，使得硅晶片的经处理上表面的光学性质与未经处理下表面的那些光学性质不同。现有的处理设备使用与未经处理的下表面的光学性质不同的经处理上表面的光学性质来确定硅晶片的取向。

[0108] 使用此现存的处理设备来制造具有一透明玻璃衬底的干涉式调制器是非常困难的。由于上表面上所形成的结构从两个表面上都能看到，所以上表面的光学性质看起来大体上与下表面的光学性质相同。因此，玻璃衬底并不提供现有处理设备用于确定晶片取向的两个表面的不同光学性质。为克服使用玻璃衬底中的困难，要求各种技术以将两表面加以区分。然而，这些技术可能是繁杂的且难以与其它制造技术集成。在某些实施例中，通过使用一不透明衬底（例如，硅），标准半导体处理设备可易于用于在所述衬底上形成干涉式调制器，因为上表面上所形成的结构从下表面看去不再是可见的。

[0109] 在某些实施例中，具有一不透明衬底有利地允许干涉式调制器的制造与下方控制电路的制造集成在一起。例如，标准半导体处理设备可用于在一半导体（例如，硅）衬底上形成控制电路且在所述衬底上形成干涉式调制器。

[0110] 在某些实施例中，具有一不透明衬底有利地扩大控制电路的面积且有利地减少了与将控制电路集成于干涉式调制器内相关的制约。对于其中具有控制电路的干涉式调制器而言，控制电路占据了原本可用于调制光的区域，进而限制了呈光学活性的显示区域。因此期望缩小由控制电路所占据的显示区域部分。通过将控制电路置于干涉式调制器的光学组

件下方的衬底内或于衬底上,本文所描述的某些实施例有利地将控制电路从显示区域移除且提供用于形成控制电路的较大区域。

[0111] 在某些实施例中,具有一不透明衬底有利地便利使用干涉式调制器阵列中所集成的照明光源。先前已对于将照明光源并入至一干涉式调制器中的情形加以描述。例如,对于反转型干涉式调制器而言,照明光源(例如,有机发光二极管)可并入至干涉式调制器以从显示器提供照明。然而,一透明衬底可为来自照明光源的光提供一通路以供其逃逸而不帮助增强所述显示器的亮度。在某些实施例中,衬底的至少一部分为高反射性的,以减少来自照明光源的光穿过衬底的损耗。

[0112] 在某些实施例中,通过使用一反射性衬底可形成一替代的反转型干涉式调制器结构。图 22B 示意性地说明其中衬底 2202 为高反射性的另一示范性反转型干涉式调制器 2200。图 22B 的机械 / 镜面层 2210 是部分透明且部分反射性的。例如,在某些实施例中,机械 / 镜面层 2210 包含一用于部分透射且反射光的薄铬层和一用于施加一适当电压以激励干涉式调制器 2200 的透明 ITO 层。图 22B 的衬底 2202 是高反射性的且用作一静止反射体(stationary reflector)。在某些实施例中,干涉式调制器 2200 进一步包含一处于衬底 2202 上的钝化层 2222、一处于钝化层 2222 上的导体 2204 和一处于导体 2204 上的电介质层 2206。在某些实施例中,导体 2204 包含一透明 ITO 层,而在某些其它实施例中,导体 2204 包含一具有一钝化层的金属。通过将适当电压施加至机械 / 镜面层 2210 并施加至导体 2204 来激励干涉式调制器 2200 使得机械 / 镜面层 2210 相对于衬底 2202 移动,进而改变其中间光学腔室的大小。在某些其它实施例中,导体 2204 是高反射性的且用作静止反射体。

[0113] 如上文所述,在某些实施例中,通过解耦干涉式调制器的光学和机电性能,反转式配置将衬底 2202、导体 2204 和电介质层 2206 置于反射性机械镜面 2210 的与透明观察表面 2216 相对的侧面,且因此处于与干涉式调制器互相作用的光的光学路径外部。因此,与其它干涉式调制器设计不同,用于制造衬底 2202、导体 2204 和电介质层 2206 的材料无需具有任何特定光学特征,而是可由任何适当材料制成。

[0114] 在某些实施例中,在用于制成衬底 2202、电介质 2206 和导体 2204 的材料选择上所具有的自由度有利地提供对干涉式调制器一或一个以上属性的改良,其中这些属性包括(但不限于)大小、物理耐用性、强度、重量、弹性、成本、制造时间 / 资源和机电性能。例如,在某些实施例中,衬底 2202、电介质 2206 和 / 或导体 2204 可包含相对于先前的干涉式调制器配置所要求的透明材料具有较好结构性质的不透明材料。例如,比以前所要求的透明材料具有一较大密度和 / 或杨氏模数(Young's modulus)的材料可适用于衬底 2202、电介质 2206 和 / 或导体 2204,以允许于干涉式调制器中使用强度较高且较小的组件。例如,通过使用一金属衬底,可有利地减少衬底厚度,且因此减少干涉式调制器的整体厚度。此外,平面屏幕显示器退货的一般原因在于这些显示器的玻璃衬底破损。通过将强度较高且较为耐用的材料用作衬底,可有利地延长显示器的使用寿命。在某些实施例中,衬底 2202、电介质 2206 和 / 或导体 2204 由密度大于 $2.5\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $3.0\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $3.5\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $4.0\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $5.0\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $6.0\text{g}/\text{cm}^3$ 或 $7.0\text{g}/\text{cm}^3$;和 / 或杨氏模数大于 60 吉帕斯卡、70 吉帕斯卡、80 吉帕斯卡、90 吉帕斯卡、100 吉帕斯卡、150 吉帕斯卡、200 吉帕斯卡或 300 吉帕斯卡的材料制成。

[0115] 反转干涉式调制器的衬底可由包括不透明及半透明材料的任何适当的材料制成。

适当的衬底材料包括（但不限于）金属（例如，不锈钢、铝）、阳极化金属、硅（例如，硅晶片）、多晶硅、塑料、陶瓷、聚合物（例如，聚酰亚胺、MYLAR®）、碳（例如，石墨）、玻璃和石英以及合金和这些材料的复合物。在衬底包含一弹性塑料或金属箔材料的某些实施例中，衬底具有足够的弹性以被用于将电子电路（例如，薄膜晶体管、电阻器、电容器）形成于所述衬底（例如，经由沉积或光刻技术）上的“滚动条式”或“腹板式”处理过程中。在某些此类实施例中，电路可制成为跨过较大面积（例如，长度为一米或更长）且与大型干涉式调制器显示器的后续制造过程相容。在一个实施例中，所述衬底为一包括一钝化印刷电路板的不透明塑料衬底。在某些此类实施例中，所述钝化印刷电路板可被制成为包括所要的电路，且薄膜处理可用于在钝化印刷电路板上制成干涉式调制器。某些此类实施例有利地将电路板的制造过程与干涉式调制器的制造过程分开。所述衬底也可包含复数个衬底材料的层叠结构。所述衬底可为刚性的或弹性的。例如，一弹性衬底可包含一薄层金属或塑料箔片。尽管并不限制本文中所引用的厚度范围，但衬底厚度可为约 0.1 毫米到约 1.0 毫米，且更优选为从约 0.3 毫米到约 0.7 毫米。一薄层不透明衬底可通过诸如牵拉（例如，将一金属片拉伸通过或穿过至少一个模具以使其更薄）的金属形成操作来获得。

[0116] 所述衬底优选地为湿气所无法渗透且被适当地钝化。在各种实施例中，于一不透明衬底的表面上形成一保护性钝化层。在某些实施例中，形成所述钝化层以使衬底用于后续处理（例如，形成导体或电介质层）。在使用一金属衬底的某些实施例中，所述钝化层提供电绝缘以防止其它结构与所述金属衬底短路。保护性钝化层无需为一独立层，而是可通过初步钝化处理而形成于所述不透明衬底的顶部。某些实施例的钝化处理包括（但不限于）通过化学溶解方式从表面上移除外生铁或铁化合物，大多数情况通常以酸溶液移除表面污染而进行处理，但并不会显著影响不透明衬底本身。这些处理包括出于增强一保护性钝化层的自发形成的目的，以诸如硝酸溶液的弱氧化物来化学地处理一不透明衬底。此外，所述钝化步骤可包括氧化物沉积和一有机平面化层的旋涂。

[0117] 反转干涉式调制器的电介质层可包含此技术领域中所已知的任何适当材料，诸如金属氧化物（例如，氧化铝或二氧化硅）、氮化硅等。如上文所述，一反转干涉式调制器的电介质层无需具有任何特定的光学特征，且因此可对所述电介质层的结构设计和材料加以选择以优化其电学性质。例如，电介质层可由否则不会用于其它干涉式调制器设计的不透明材料（例如，不透明、高反射性或半透明材料）组成。此外，反转干涉式调制器中的电介质层可大体上比其中电介质层影响光学性能的干涉式调制器中相同材料的电介质层较厚。一厚度增加的电介质层可改良电介质层和 / 或干涉式调制器的各个方面，诸如电学性质和制造成本。一较厚的电介质层也可于材料范围、配置和制造方法上提供改良，这些材料范围、配置和制造方法可用于干涉式调制器的电介质层上与观察表面相对侧上的其它层，其中包括衬底和导体。例如，电化学镀技术可用于在衬底上制成所述导体，随后沉积一增厚的电介质层。在各种实施例中，反转干涉式调制器的电介质层的厚度大于约 200 埃、300 埃、400 埃、500 埃、600 埃、700 埃、800 埃、900 埃、1000 埃、2000 埃或数千埃。

[0118] 反转型干涉式调制器可以各种方法制成且可应用于各种构造和配置。例如，可通过使用诸如光刻、沉积（例如，诸如化学气相沉积（CVD）的“干式”方法和诸如旋涂的湿式方法）、遮罩、阴影遮罩、剥离处理和蚀刻（诸如，等离子蚀刻的干式方法和湿式方法）的半导体制成技术来制成反转型干涉式调制器。与本文中所描述实施例相容的适当技术的实例

在美国专利第 6,040,937 号中有描述。

[0119] 在一个实施例中,如图 22A 所示的反转型干涉式调制器是通过以下步骤制成的:在不透明衬底 2202 上形成一保护性钝化层 2222,且然后通过沉积电极材料形成一导体 2204 且随后加以图案化和蚀刻。导体材料为导电的且可包含此项技术中已知的诸如金属或掺杂半导体(诸如,硅)的任何适当材料以具有所要的导电性(诸如,氧化铟锡)。在某些实施例中,所述导体和衬底包含一印刷电路板。然后,电介质 2206 通过沉积,优选地通过化学气相沉积(CVD)而形成于导体 2204 上。其后,沉积一在随后蚀刻步骤中将被移除的牺牲层(未图示)。所述牺牲层可为此项技术中已知的任何适当材料,其中包括(但不限于)钼、硅、钨或钛。一蚀刻终止层优选地用于所述牺牲层的顶部上,所述蚀刻终止层可为比所述牺牲层更能抵抗后续蚀刻步骤的材料,且可为金属(例如,钛、铝、银、铬)、电介质材料,其优选为金属氧化物(如氧化铝),或在此项技术中已知的任何其它适当材料。所述牺牲层通过使用一光罩而被图案化且蚀刻以形成第一支撑柱 2208,随后进行可选的平面化处理。然后通过沉积(继之以可选的平面化处理)来形成机械/镜面层 2210。在某些实施例中,机械/镜面层可包含氮化硅、二氧化硅、氟化镁或氟化钙作为一衬底,且诸如铝、银或任何数量的金属的金属薄膜可以数百埃数量级而形成于所述衬底上。所述材料可基于光谱性质、电阻性质等而加以选择,且其可包括此项技术中所已知的及所使用的任何材料。视情况,可形成诸如金属氧化物的一绝缘和/或反射增强薄膜。

[0120] 一蚀刻终止层可形成于机械/镜面层 2210 的顶部上。将另一牺牲层沉积、图案化且蚀刻以形成第二支撑柱 2212(继之以可选的平面化处理)。将可包含 Cr 或此项技术中所已知的任何适当材料的金属镜面层 2214 沉积且将透明层 2216 沉积其上。上述制造过程之后,(例如)执行 XeF₂蚀刻以移除所述牺牲层。XeF₂为 F₂气体的便利源。此项技术中所已知的其它蚀刻剂(诸如 F₂)可用于替代 XeF₂或在 XeF₂之外额外地使用。

[0121] 图 6A 展示一反转型干涉式调制器的另一实例。如图 5 中的实施例,于衬底 600 上所制成的电极 602 通过绝缘薄膜 604 而与膜/镜面 608 电绝缘。电极 602 置于与观察面相对之处且仅用作一电极而非同样用作一镜面。与图 5 中所示实施例不同,将用于支撑膜/镜面 608 的支撑结构 606 定位以使得由膜/镜面 608 将其隐藏。以此方式,有效减少了惰性区域的数量,因为观察者 614 仅看到由膜/镜面 608 所覆盖的区域和相邻干涉式调制器之间的极小空隙。此处不同于图 5 中的结构,其中膜支撑结构是可见的且从色彩角度而言其构成惰性区域和不准确区域。图 6A 说明处于非激励状态的结构,其中膜/镜面 608 与由透明上部结构 610 支撑的第二镜面 612 接触。图 6B 显示处于受激励状态的相同结构,其中膜/镜面 608 朝向绝缘薄膜 604、电极 602 和衬底 600 平移。

[0122] 在图 7A 中,说明用于干涉式调制器结构的另一几何配置。此设计类似于美国专利第 5,638,084 号中所展示的设计。那个设计依赖于一受各向异性应力的不透明塑料膜以使其自然地保持于一卷曲状态。施加一电压使得所述膜变平以提供一基于 MEMS 的光闸。

[0123] 所述装置的功能可通过使其成为干涉式装置而得以改良。图 7A 中展示干涉式调制器的变形,其中薄膜堆叠 704 与作为美国专利第 6,040,937 号中论述的感应吸收器干涉式调制器设计的基础的电介质/导体/绝缘体堆叠相类似。

[0124] 在某些实施例中,铝膜 702 与堆叠 704 之间施加一电压致使所述膜 702 平放抵住所述堆叠。在某些实施例的制造期间,铝膜 702,也可包括其它反射性金属(银、铜、镍)、

电介质或涂布有一反射性金属的底涂层的有机材料,被放置于一薄牺牲层(未图示)上使得通过使用湿式蚀刻或气相释放技术而将其释放。铝膜702进一步由一直接沉积于光堆叠704上的支撑突出部716机械地固定到衬底700上。由于此,因而入射到所述突出部与所述堆叠重叠之处的光被吸收,以使得此机械上的惰性区域同样变为光学惰性的区域。此技术消除了在这个设计及其它干涉式调制器设计中使用一独立黑色光罩的需要。

[0125] 在某些实施例中,入射光706完全被吸收或依据堆叠的层的间隙而反射特定频率的光708。所述光学运转状态类似于美国专利第6,040,937号中所描述的感应吸收器干涉式调制器的运转状态。

[0126] 图7B展示不施加电压时所述装置的配置。在某些实施例中,膜702中的剩余应力使其卷曲成一紧密缠绕的线圈。剩余应力可通过将一薄层材料718(如图7A中所示)沉积于膜702顶上来施加,所述薄层材料718具有极高的剩余拉伸应力。铬为一其中以低至数百埃的薄膜厚度可实现较高应力的实例。由于膜702不再阻碍其路径,因而允许光束706穿过堆叠704(如图7A所示)。然后,光束712与板710相交。板710可保持于高吸收状态,在此情况下光束712被吸收;或保持于高反射状态(一特定颜色或白色),在此情况下光束712被反射成714。对于将调制器用于一反射性显示器的情况,可将光堆叠704设计成当所述装置被激励时其可反射一特定颜色(如果板710是吸收性的)或为吸收性的(如果板710是反射性的)。

[0127] 旋转式激励

[0128] 如图8A所示,另一干涉式调制器的几何形状依赖于旋转式激励。通过使用于美国专利第6,040,937号中所论述的示范性过程,将电极802、厚度约为1000埃的铝薄膜及绝缘体806制成于衬底800上。支撑柱808和旋转铰链810支撑闸板812,于所述闸板812上沉积有一组反射性薄膜813。所述支撑闸板可为数千埃厚的铝薄膜。其X-Y尺寸可处于数十到数百微米的数量级。所述薄膜可为干涉式的且被设计成反射特定颜色。以类似于美国专利第6,040,937号中描述的感应吸收器的感应吸收器形式存在的固定干涉式堆叠是满足要求的。所述薄膜也可包含以彩色颜料浸渍的聚合物,或其可为铝或银以提供宽带反射。对于某些实施例的电极802和闸板812加以设计,使得在所述两者之间施加一电压(例如,10伏特)而致使闸板812绕铰链810的轴部分地或完全地旋转。尽管通常一给定像素的所有闸板都一致地由共用总线电极804上的信号而驱动,但仅闸板818展示为处于旋转状态。如果铰链与电极的距离被设计以使得在旋转期间于某些点处电极的静电吸引力克服铰链的弹簧张力,那么此闸板可能经历一种形式的机电滞后。因此所述闸板将具有两种机电稳定状态。

[0129] 在一透射操作模式中,闸板可阻碍入射光或允许其穿过。图8A说明入射光822被反射回到观察者820的反射模式。在此模式中且在一个状态中,如果闸板812被金属化,那么闸板812反射白光;或者如果其被涂覆有干涉式薄膜或颜料,那么其反射一特定颜色的光或一组颜色的光。美国专利第6,040,937号中也描述了一干涉式堆叠的代表性厚度和所得颜色。在其它状态中,允许光穿过闸板812,其中如果衬底800的表面涂覆有一吸收性薄膜或数层薄膜(未图示)那么所述光可在衬底800中被吸收。这些薄膜可包含以有机薄膜浸渍的另一颜料或一被设计为吸收性的感应吸收器堆叠。相反,闸板812可为高吸收性的(例如,黑色)且衬底800的一表面可以高反射性薄膜824或选择性地以颜料或干涉式薄膜

加以涂覆,以与上述颜色反射薄膜一起反射不同颜色的光。

[0130] 在某些实施例中,所述装置的操作可通过添加辅助电极 814 而进一步增强,当所述辅助电极 814 被充电到感应辅助电极 814 与闸板 812 之间的静电吸引力的电势时其为所述闸板提供额外的扭矩。辅助电极 814 包含一导体 814 与支撑结构 816 的组合。所述电极可包含一厚度约为一千埃的透明导体,诸如 ITO(氧化铟锡)。所有结构及相关电极优选地从整体上沉积于单一衬底表面上的材料加工获得,且因此其归因于对电极间隔空间的较好控制而易于被制造且可靠地被激励。例如,如果此电极被安装于一相对衬底上,那么所述装置衬底与相对衬底表面上的变化将组合在一起而产生数微米或更多的偏差。因此,影响运转状态中的特定变化所要求电压可在数十伏特或更多的量上变化。整块式结构精确地跟随衬底表面的变化且几乎不会受此类变化的影响。

[0131] 图 8B 中的步骤 1-7 展示旋转式调制器的示范性制造顺序。在步骤 1 中,衬底 830 已涂覆有电极 834 和绝缘体 832。典型的电极和绝缘体材料为铝和二氧化硅,其中每一者的厚度为一千埃。在步骤 2 中将其图案化。在步骤 3 中已将牺牲性隔离物 836,如厚度为数微米的硅的材料沉积且图案化且于步骤 4 中将其以柱 / 铰链 / 闸板材料 838 加以涂覆。其可为厚度约 1000 埃的铝合金或钛 / 钨合金。在步骤 5 中,将材料 838 图案化以形成总线电极 844、支撑柱 840 和闸板 842。在步骤 6 中沉积且图案化闸板反射体 846。在步骤 7 中,蚀刻掉牺牲性隔离物以得到完整的结构。步骤 7 也显示所述结构的俯视图,其中展示包含支撑柱 848、扭转臂 850 和闸板 852 的铰链的细节。

[0132] 开关元件

[0133] 对于包含作为二进制装置的干涉式调制器的某些实施例而言,仅要求较小数量的电压电平来定址一显示器。驱动器电子设备无需产生实现灰阶操作所要求的模拟信号。

[0134] 因此,所述电子设备可通过使用其它方法来实施。具体而言,所述驱动器电子设备和逻辑功能可通过使用基于 MEMS 的开关元件来实施。

[0135] 图 9A 到图 9E 说明某些实施例的概念。图 9A 说明一基本开关构造块,通过施加一控制信号 902 而使一输入端 900 连接至输出端 904。图 9B 说明如何实施一行驱动器。上述定址方案的行驱动器要求三个电压电平的输出。将适当的控制信号施加至所述行驱动器允许选择所述输入电压电平中的一个以用于输出端 912。输入电压为对应于图 9B 中的 906、908 和 910 的 Vco11、Vco10 和 Vbias。类似地,对于图 9C 中所示的列驱动器而言,适当的控制信号致使选择一个或其它输入电压电平以传送至输出端 920。输入电压为对应于图 9C 中的 914、916 和 918 的 Vsel F1、Vsel F0 和接地电压。图 9D 说明如何通过使用基本开关构造块 934、936、938 和 940 来构造一逻辑装置 932(在此情形下为一与非门)。所有这些组件可以一允许制造图 9E 中所示显示器子系统的方式而经配置和组合。所述子系统包含逻辑控制器 926、行驱动器 924、列驱动器 928 和显示阵列 930,且其使用图 3 中的上述定址方案。

[0136] 制造作为 MEMS 装置的切换元件使得有可能通过使用单一处理过程来制造一整个的显示系统。所述开关制造过程变成干涉式调制器制造过程的子过程且在图 10A 到图 10H 中得以说明。

[0137] 在图 10A 和图 10B 中展示步骤 1,其分别展示初始阶段的侧视图和俯视图。箭头 1004 指示侧视图的透视方向。衬底 1000 具有在其表面上沉积且图案化的牺牲性隔离物

1002、约 2000 埃厚的硅层。在图 10C 和图 10D 所示（从与图 10A 和图 10B 的相同透视方向观看）的步骤 2 中，一结构性材料，一数微米厚的铝合金被沉积且图案化以形成源极杆 1010、漏极结构 1008 和门结构 1006。数百埃的抗蚀金属（诸如金、铱或铂）电镀于所述结构材料上以便在所述开关的使用寿命期间保持低的接触电阻。在源极杆 1010 中蚀刻槽口 1012 以有助于所述杆在平行于衬底平面的平面上移动。图 10E 到图 10H 中说明了步骤 3。图 10E 和图 10G 描绘前视图，其中箭头 1016 指示透视方向，而图 10F 和图 10H 描绘俯视图。在步骤 3 中，将牺牲材料蚀刻掉以使源极杆 1010 保持原状且自由移动。

[0138] 图 10F 展示处于非受激励状态 1014 中的开关。如图 10H 所示，在受激励状态 1018 中，电压源 1017 将一电压施加于源极杆 1010 与门结构 1006（如图 10D 所示）之间且源极杆 1010 朝向门 1006 偏移直至其接触漏极 1008，进而在源极杆 1010 与漏极 1008 之间建立电接触。激励模式与衬底表面平行，因此允许一与主干涉式调制器的制造过程相容的制造过程。在某些实施例中，此处理过程也要求比用于制造在垂直于衬底表面的方向上激励的开关的过程较少的步骤。

[0139] 图 10I 和图 10J 说明平面 MEMS 开关的两个替代性设计。图 10I 中开关的不同之处在于一旦将一电压施加于开关束 1028 与门结构 1022 之间，开关束 1028 用于提供漏极 1024 与源极 1022 之间的接触。在图 10A 到图 10H 的开关中，电流必须穿过源极杆到漏极可能影响开关阈值，使电路的设计变得复杂。图 10I 中的开关并非此类情况。图 10J 中的开关显示另一增强方式。在此情形下，绝缘体 1040 将开关杆 1042 与接触杆 1038 电绝缘，所述接触杆 1038 在将一电压施加至门结构 1032 与开关杆 1042 之间时提供漏极 1034 与源极 1036 之间的接触。绝缘体 1040 可为可使用常规技术来沉积且图案化的诸如 SiO_2 的材料。此开关的使用消除了将开关驱动电压与包含这些开关的电路中的逻辑信号电绝缘的需要。

[0140] 多维光子结构

[0141] 一般来说，干涉式调制器的特征在于其元件具有有用的光学性质且可通过激励构件而相对于自身或其他电元件、机械元件或光学元件移动。

[0142] 产生干涉堆叠的薄膜组合件为一较大级别结构的子设备，我们应称之为多维光子结构。概括地说，我们将一光子结构定义为如下：其具有因为所述结构的几何形状和折射率的相关改变而修改电磁波的传播的能力。这样的结构具有维数方面，因为其与主要沿一个或一个以上的轴的光相互作用。多维结构也指光子带隙结构 (PBG) 或光子晶体。由 John D. Joannopoulos 等人所著的文本“Photonic Crystals”描述了周期性的光子结构。

[0143] 一个一维 PBG 可以薄膜堆叠的形式发生。例如，图 16 展示一以电介质法布里 - 珀罗 (Fabry-Perot) 滤波器的形式的干涉式调制器的制造及其成品。薄膜堆叠 1614 和 1618（其可为硅和二氧化硅的交替层，每一层厚度为四分之一波长）已制造在一衬底 1600 上以形成一并入中心空腔 1616 的干涉式调制器结构。一般来说，所述堆叠在 X 和 Y 方向上是连续的，但是由于材料的折射率的变化（因为其包含具有高折射率和低折射率的交替层）而在 Z 轴上具有光学意义上的周期性。可将此结构认为是一维的，因为对于沿一个轴（在此情形下是 Z 轴）传播的波来说将其周期性的效果最大化了。

[0144] 图 11A 和图 11B 说明了二维光子结构的两种表现形式。在图 11A 中，可采用熟知的技术来由大量熟知材料的其中一者（例如，五氧化二钽和二氧化硅的合金）制造一微环谐振器 1102。对与优化用于在 $1.55 \mu\text{m}$ 范围内的波长的装置来说，典型的尺寸为 $w = 1.5 \mu\text{m}$ ，

$h = 1.0 \mu\text{m}$ 和 $r = 10 \mu\text{m}$ 。

[0145] 由于制造在一衬底上 1100 (玻璃为一种可能, 虽然存在许多其他的可能) 上, 所述结构大体上是一环形波导, 因而折射率和尺寸 w 、 r 和 h 确定了将在其中传播的光的频率和模式。所述谐振器 (如果正确设计的话) 可用作耦合入其中的宽带辐射的频率选择滤波器。在此情形下, 所述辐射通常在由定向符号 1101 指示的 XY 平面中传播。此装置的一维类似物将为使用单层镜面制造的法布里 - 珀罗滤波器。两种装置由于由镜面所形成的单层“边界”而都不展示高阶的光学周期性; 然而, 在广泛意义上可将其认为是光子结构。

[0146] 图 11B 中展示了较传统的 PBG。制造在衬底 1104 上的柱状阵列 1106 呈现了折射率在 X 和 Y 方向上的周期性变化。如果电磁辐射在由定向符号 1103 所指示的 XY 平面内传播, 那么传播穿过此介质的电磁辐射将最显著地受影响。

[0147] 因为其周期性质, 图 11B 的阵列共享一维薄膜堆叠的属性 (除其较高阶的维数之外)。所述阵列对沿穿过所述阵列在所述 XY 平面内的某些轴而言是周期性的, 折射率在柱材料的折射率与周围材料 (通常为空气) 的折射率之间变化。利用与应用于薄膜堆叠设计相同的原理的变体的此阵列的适当设计允许制造对在 XY 平面内传播的辐射作用的广范围的光学响应 (镜面、带通滤波器、边缘滤波器等)。图 11B 中的阵列 1106 包括在尺寸和 / 或折射率方面不同的柱的形式的一奇点或缺陷 1108。例如, 此柱的直径可比剩余柱的直径 (其直径可约为四分之一波长) 稍微较大或稍微较小, 或其可为一不同材料 (或许是空气对二氧化硅)。所述阵列的总体大小由需要操纵的光学系统或组件的大小决定。取决于所要的运转状态, 所述缺陷也可以缺少一个柱或多个柱 (一行) 的形式发生。此结构类似于图 16 的电介质法布里 - 珀罗滤波器, 但是其仅在二维中起作用。在此情形下, 所述缺陷类似于空腔 1616 (如图 16 所示)。剩余柱类似于相邻的二维堆叠。

[0148] 图 11B 的结构的相关尺寸可由间距为 s_x 的列 x 、间距为 s_y 的列 y (可将两者中任一者认为是点阵常数)、柱直径 d 和阵列高度 h 来指示。类似于四分之一波长堆叠 (一维等价物), 柱直径和间距可约为四分之一波长。高度 h 由所要的传播模式决定, 其仅仅是用于单一模式传播的波长的二分之一。将结构的大小与其对光的影响相联系的等式已为我们所熟知且记录于 John D. Joannopoulos 等人所著的文本 “Photonic Crystals” 中。

[0149] 这种结构也可使用用于制造谐振器 1102 (如图 11A 所示) 的相同材料和技术来制造。例如, 可采用常规技术来将单一硅薄膜沉积在一玻璃衬底上且使其图案化, 且采用反应性离子蚀刻来蚀刻以产生高纵横比的列。对于 $1.55 \mu\text{m}$ 的波长, 柱的直径和间距可分别约为 $0.5 \mu\text{m}$ 和 $0.1 \mu\text{m}$ 。

[0150] 光子结构也使得有可能在限制性几何约束下直接辐射。因此, 其在以下应用中非常有用: 当尺寸约束非常严格时需要重新导向和 / 或选择光的某些频率或频率带。可制造通道传输在 XY 平面内所传播的光的波导, 其可强迫光在小于光的波长的空间内进行 90 度转弯。此可通过 (例如) 创建以可用作波导的以线性行形式的柱缺陷来完成。

[0151] 在图 12 中说明一三维结构。制造在衬底 1200 上的三维周期性结构 1202 对在 XY、YZ 和 XZ 平面内传播的辐射起作用。通过适当的设计结构和选择其组分材料可获得多种光学反应。应用相同的设计规则, 然而此处可三维地应用。缺陷以点、线或区域 (相对于点和线) 的形式出现, 其在大小和 / 或折射率方面与周围介质不同。在图 12 中, 缺陷 1204 为单点元件, 但是其也可为线性的或为线性的元件或区域与点的元件或区域的组合。例如, 可制

造点缺陷的“线性”或“蛇形”阵列，使得其跟随穿过 PBG 的一任意三维路径，且用作一对在其中传播的光来说的严格约束的波导。所述缺陷通常位于内部但是出于说明的目的而展示在表面上。在图中说明了此结构的相关尺寸。PBG 的直径、间距和材料完全是依赖应用的，然而，也可应用前述的设计规则和等式。

[0152] 三维 PBG 制造起来更复杂。如果应用于三维，用于制造一维或二维特征的常规方法将涉及沉积、图案化和蚀刻循环的多次应用以在所述结构中实现第三维。用于构建周期性三维结构的制造技术包括：全息技术，其中将一光敏材料曝光于一驻波且以材料本身的折射率变化的形式复制所述波；在材料的沉积期间使用自组织有机材料或自组合材料，即依靠某些共聚合材料的固有粘性和定向性质来制成柱形或球形结构的阵列；陶瓷方法，其可涉及将受控尺寸的球形结构的供给并入一液体悬浮液，其一旦固化就组织所述结构，且其可通过溶解或高温而移除；这些方法的组合；和在此项技术中已知的其他技术。

[0153] 共聚合自组合技术尤其有趣，因为其都是低温且需要极小的或不需要光刻。一般来说，此技术涉及将一聚合物（一实例为聚苯噁唑 - 嵌段 - 聚苯乙烯 (PPQmPSn)）溶解于诸如二硫化碳的溶剂中。将溶液涂布于一衬底上且允许所述溶剂蒸发之后，得到充气聚合球的紧密填充的六角形排列。所述方法可重复多次以产生多层，且可通过操纵聚合物的组份 (m 和 n) 的重复单元的数目来控制所述阵列的周期。引入包含金属、氧化物或半导体的纳米大小的胶体可具有进一步减少阵列周期以及增加聚合物的折射率的效果。

[0154] 可通过使用诸如聚焦离子束或原子力显微镜的工具来直接操纵在亚微米尺度的材料来引入缺陷。前者可用于在非常小的选定面积中移除或添加材料或用于改变材料的光学性质。当诸如由一聚焦离子束工具所使用的能量粒子束在其路径上溅射离开材料时发生材料移除。当聚焦离子束穿过含有气体（诸如六氟化钨（对于钨导体）或四氟化硅（对于绝缘的二氧化硅））的挥发性金属时发生材料添加。所述气体分解，且组分沉积在射束与衬底接触之处。原子力显微法可用于在一分子尺度上移动材料。

[0155] 另一方法涉及使用称为微电沉积的技术，其详细描述于美国专利第 5,641,391 号中。在此方法中，单一显微电极可用于定义使用多种材料和衬底的亚微米分辨率的三维特征。随后可氧化以此方式沉积的金属“缺陷”以形成一电介质缺陷，围绕所述电介质缺陷可使用上述技术来制造 PBG 阵列。

[0156] 以其他材料的图案的形式的表面特征在衬底（在其上制造 PBG）上的存在也可用作用于在 PBG 的形成期间产生 PBG 内的缺陷的模板。此与对衬底条件敏感的 PBG 工艺（主要指自组合方法）尤其有关。根据所述工艺的具体性质，这些特征可促进或抑制在种子周围的高度局限区域中的 PBG 的“生长”。以此方法，可产生缺陷“种子”的图案且随后形成 PBG，其中在 PBG 形成过程中缺陷产生于其内部。

[0157] 因此，可通过将较大种类的多维光子结构并入调制器本身来进一步加宽已知为干涉式调制器的装置类别。现在可通过改变光子结构的几何形状和 / 或改变其与其他结构的接近性来使本质上是静态装置的任何种类的光子结构成为动态。类似地，可通过静电地改变空腔宽度来调谐包含两镜面（每一者都是一维光子结构）的微机械法布里 - 珀罗滤波器（如图 16 所示）。

[0158] 图 13 展示并入二维 PBG 的干涉式调制器设计的两个实例。在图 13A 中，一截面图 1300 显示一自支撑的膜 1304，其使用安装在面对衬底 1303 的侧上的一微环谐振器 1306 来

制造。位于衬底块 1303 内部的波导 1301 和 1302 为平面且平行的，且可使用已知技术制造。在图 13A 中，所述干涉式调制器展示位非受驱动状态下，在微环与衬底之间具有一有限气隙（数字）。制造所述微环使得其位置与衬底下方的成对波导重叠且对准。微环的尺寸与上述图 11A 中的实例相同。横截面 1305 展示波导的尺寸，其尺寸可为 $w = 1 \mu\text{m}$ 、 $h = 0.5 \mu\text{m}$ 和 $t = 100\text{nm}$ 。在非受驱动状态，光 1308 在波导 1302 中不受干扰的传播，且输出光束 1310 光谱上与输入 1308 相同。

[0159] 驱动所述干涉式调制器以强迫微环与衬底和波导密切接触改变了所述装置的光学运转状态。现可通过消散现象而将在波导 1302 中传播的光耦合入微环。所述微环（如果大小适当）用作一光学谐振器，其耦合来自波导 1302 的一选定频率并将其注入波导 1301。此展示于图 13B 中，其中光束 1312 展示为在与输入光束 1308 和输出光束 1310 相反的方向上传播。此装置可用作一频率选择开关，其通过施加一电压或应用需要使所述结构与下方的波导密切接触的其他构件来从一波导挑选特定波长。在 B. E. Little 等人的论文“Vertically Coupled Microring Resonator Channel Dropping Filter”，IEEE Photonics Technology Letters, 1999 年第 11 卷第 2 期中描述了此几何形状的静态版本。

[0160] 在图 13C 中说明了另一实例。在此情形下，一对波导 1332 与 1330 和谐振器 1314 以一柱形 PBG 的形式制造于衬底上。所述 PBG 是柱的均匀阵列，其中通过移除两行来定义波导（每个波导一行），且通过移除两个柱来定义谐振器。俯视图 1333 提供了波导 1330 与 1332 和谐振器 1314 的构造的更多细节。尺寸依赖于相关波长以及所使用的材料。对于 $1.55 \mu\text{m}$ 的波长，柱的直径和间距可分别约为 $0.5 \mu\text{m}$ 和 $1 \mu\text{m}$ 。高度 h 决定将支持的传播模式，且如果仅传播单一模式那么其应稍大于半个波长。

[0161] 在膜 1315 的内表面上制造有两个独立的柱 1311，其方向向下且具有与衬底上的柱相同的尺寸和相同的材料（或为一光学相当材料）。将谐振器和柱设计成相互补充；在所述膜上安置柱之处在所述谐振器中相应缺少一柱。

[0162] 当干涉式调制器在非受驱动的状态中时，在 PBG 与膜柱之间存在一至少数百纳米的有限垂直气隙 1312，且因此不发生光学相互作用。谐振器中柱的缺少类似缺陷作用，导致在波导 1330 与 1332 之间的耦合。在此状态中所述装置所起的所用与图 13B 中所展示的装置相同，且沿波导 1330 传播的选定频率的光 1328 注入波导 1332，且在与输入光束 1328 和输出光束 1326 相反的方向 1329 上传播。

[0163] 然而，驱动干涉式调制器与 PBG 接触将柱放入了谐振器中，此改变了其运转状态。通过放置膜柱而消除了所述谐振器的缺陷。在此状态中的装置所起的作用与图 13A 中所示的装置相同，其中光 1328 在无干扰的情况下传播。

[0164] 在 H. A. Haus 的论文“Channel drop filters in photonic crystals”，Optics Express, 1998 年第 3 卷第 1 期中描述了此几何形状的静态版本。

[0165] 光学开关

[0166] 在图 14A 中，一基于感应吸收器的装置包括一自支撑的铝膜 1400（约为数十到数百平方微米），其悬挂在材料堆叠 1402 上，所述堆叠 1402 包含在透明衬底 1404 上图案化的金属和氧化物的组合。在描述于美国专利第 6,040,937 号中的感应吸收器调制器中使用的薄膜可用于此目的。衬底上的薄膜也可包含一透明导体，诸如 ITO（氧化铟锡）。所述结构可在其下侧上并入一光滑的金属薄膜，诸如厚度为数百埃的钼或钨。

[0167] 配置某些实施例的材料以便使所述装置在非受驱动状态中在一特定波长区域中反射,但是当所述膜被驱动为接触时变为很有吸收性。侧视图 1410 展示了看入衬底 1412 的侧面的装置视图。光束 1408 以某任意角度传播穿过衬底 1412 且入射在展示为非受驱动状态下的干涉式调制器 1406 上。假设所述光的频率对应于在非受驱动状态下的干涉式调制器的反射区域,则所述光以一余角 1411 被反射且传播离开。侧视图 1414 展示了在受驱动状态下的相同干涉式调制器。因为所述装置现在很有吸收性,所以入射其上的光不再被反射而是由干涉式调制器的堆叠中的材料吸收。

[0168] 因此,在此配置中,干涉式调制器可用作在衬底内传播的光的光学开关,其中在所述衬底上制造所述干涉式调制器。机械加工所述衬底以形成高度抛光、高度平行(到相关光的波长的 1/10 内)且比光波长厚许多倍的表面。此允许所述衬底用作一衬底 / 波导,因为光束在平均平行于所述衬底的方向上传播但是经历从一个表面到另一表面的多次反射。在此结构中的光波经常称为衬底导向波。

[0169] 图 14B 展示这个主题上的变化。膜 1422 经光学堆叠 1424 图案化在衬底 1426 上使得膜 1422 不再是矩形而是朝一端 1420 逐渐变窄。当所述结构的机械弹簧常数沿其长度保持恒定时,电极面积减少。因此,可静电施加的力的量在锥形的较窄端 1420 处较低。如果施加一逐渐增加的电压,膜 1422 将首先在较宽端开始激励且随着电压的增加激励将沿箭头 1428 前进。

[0170] 对入射光来说,干涉式调制器操作为一具有依赖于所施加电压的值的面积的吸收区域。侧视图 1434 展示当不施加电压时传播光束的效果。图 1435(其从入射束的角度展示干涉式调制器)中的相应反射面积 1429 展示了重叠于反射面积 1429 上的光束的“足迹”1431。因为整个反射面积 1429 是非吸收性的,所以光束 1430 以光束 1432 的形式从干涉式调制器 1428 被反射(具有极小损失)。

[0171] 在侧视图 1436 中,施加一临时电压值且因为图 1437 中展示的反射面积 1429 现为部分地吸收性所以反射束 1440 在某种程度上衰减。图 1438 和 1439 显示因为反射面积 1429 为完全吸收性而导致的完全激励的结果和所述束的完全衰减。

[0172] 因此,通过使用一锥形几何形状,可制成一可变的光学衰减器,其反应直接与所施加的电压值相关。

[0173] 在图 15A 中说明了另一种光学开关。由诸如厚度为数千埃的铝的金属制造支撑框架 1500,以此方式其电连接到镜面 1502。镜面 1502 存在于透明光学支座 1501 上,所述支座结合到支撑 1500。镜面 1502 可包含单一金属薄膜或金属、氧化物和半导体薄膜的组合。

[0174] 支座 1501 由具有与衬底 1504 相同的或比其高的折射率的材料制成。此可为 SiO₂(相同折射率)或具有一可变折射率的聚合物。机械加工支座 1501 使得镜面 1502 以 45 度角被支撑。可使用已知为模拟光刻的技术来完成支座 1501 的机械加工,所述技术依赖一光罩,所述光罩具有依据其光学密度而连续地可变的特征。通过适当变化在一特定特征上的此密度,可在一使用此光罩曝光的光致抗蚀剂中形成三维形状。所述形状可接着通过反应性离子蚀刻转移到其他材料。整个组合件悬挂于导体 1503 上方,所述导体 1503 已图案化以提供不受阻挡的“窗口”1505 进入下方衬底 1504。即,蚀刻除去导体块 1503,使得暴露包含裸玻璃的窗口 1505。可激励类似于其他干涉式调制器的开关以驱动整个组合件与所述衬底 / 波导接触。侧视图 1512 展示了光学运转状态。光束 1510 以与法线成 45 度的角

度在所述衬底内传播，所述角度防止其传播出衬底的边界以外。这是因为 45 度角大于已知为临界角的角，所述临界角允许待被反射的光束 1508 在衬底与外部介质间的界面 1519 处通过全内反射 (TIR) 的原理被反射且只有极小的损失或无损失。

[0175] TIR 原理依赖斯涅尔 (Snell) 定律，但是基本要求是在衬底外部介质的折射率必须比衬底的折射率小。在侧视图 1512 中，所述装置展示为具有处于非受驱动的状态的开关 1506，且光束 1510 以未受阻碍的方式传播。如侧视图 1514 所示，当开关 1506 受激励为与衬底 1516 接触时，改变了光束路径 1518。因为所述支座具有大于或等于衬底 1516 的折射率，所以光束在界面处不再经历 TIR。光束传播出衬底 1516 进入光学支座，在其处其由镜面反射。镜面成 45 度角，使得反射束 1518 现在以与衬底的平面垂直的角度传播。结果是：因为光不再满足 TIR 准则所以其可传播穿过衬底界面，且可由光纤耦合器 1520 捕捉，所述光纤耦合器 1520 安装在衬底 / 波导的相对侧上。在 X. Zhou 等人的论文“Waveguide Panel Display Using Electromechanical Spatial Modulators”SID Digest, 1998 年第 XXIX 卷中描述了类似概念。设计此特定装置用于发射性显示器应用。镜面也可以一反射光栅的形式实施，其可使用常规的图案化技术被蚀刻进入支座的表面。然而此方法由于多个衍射级（其对于薄膜镜面不是问题）而展示波长依赖性和损失。此外，可用替代光学结构来替换镜面，其具有各自的属性和缺点。这些结构可分类为折射的、反射的和衍射的，且可包括微透镜（透射与反射性两者）、凹镜或凸镜、衍射光学元件、全息光学元件、棱镜和可使用微制造技术制成的任何其他形式的光学元件。在使用一替代光学元件的情形下，根据微光学元件的性质，支座和其赋予所述光学元件上的角度可为不必要的。

[0176] 此在干涉式调制器上的变化用作光的解耦开关。宽带辐射或特定频率（如果镜面设计地正确）可随意耦合出所述衬底 / 波导之外。侧视图 1526 展示一更详细的实施例，其中成 45 度角的一额外固定镜面 1528 已制造在衬底 1524 相对于解耦开关 1506 的相对侧上。此镜面与所述开关不同因为其不能被激励。通过仔细选择镜面在两种结构上的角度，已由开关 1506 有效解耦出衬底 1524 的光 1522 可由再耦合镜面 1528 再耦合入衬底（虚线）。然而，通过制造在 XY 平面上具有不同定向的再耦合镜面 1528，所述镜面组合可用于重新导向光在衬底 / 波导内的任何新方向上。这两种结构的组合将称作导向开关。再耦合镜面也可用于耦合在垂直于表面的方向上传播到衬底的任何光。

[0177] 图 15B 展示导向开关的一阵列的一个实施例。向下看到衬底 1535 上，线性阵列 1536 是以垂直于 XY 平面的角度将光导向进入衬底 1535 的光纤耦合器的一阵列。再耦合镜面的一阵列（不可见）直接相对于所述光纤耦合器阵列定位以将光耦合入衬底 1535。在衬底 1535 的表面上制造有导向开关的一阵列，其中 1531 为一代表性实例。以一方式定位所述开关使得从输入光纤耦合器 1536 的任一者耦合入衬底的光可被导向到输出光纤耦合器 1532 的任一者上。以此方式，所述装置可用作一 $N \times N$ 光学开关，其可将任何数目的不同输入中的任一者切换为任何数目的不同输出中的任一者。

[0178] 可调滤波器

[0179] 返回到图 16，其展示了一以可调法布里 - 珀罗滤波器的形式的干涉式调制器。在此情形下，导电接触垫 1602 与电介质镜面 1604 与 1608 和牺牲层 1606 一起已沉积且图案化在衬底 1600 上。此可由厚度为多个二分之一波长的硅薄膜组成。所述镜面可包含具有交替高低折射率的材料（两个实例为 TiO_2 （高折射率）和 SiO_2 （低折射率））的堆叠。所述层

中的一层也可为空气。沉积且图案化绝缘层 1610 使得第二接触垫 1612 仅接触镜面 1608。随后图案化镜面 1608 使得留下一由支架 1615 连接的镜面“岛”1614。所述岛的侧向尺寸主要由与其将相互作用的光束的大小决定。此通常约为数十到数百微米。部分地化学蚀刻牺牲层 1606，但是以留下足够大小的支座 1613 的方式以提供机械稳定性，大概约为数十平方微米，如果镜面 1608 的顶层和镜面 1604 的底层轻微掺杂以能导电，那么在接触垫 1602 与 1612 之间施加电压将引起所述镜面岛位移。因此，所述结构的光学反应为可调的。

[0180] 图 17A 展示此可调滤波器的应用。在衬底 1714 的顶面上已制造有可调滤波器 1704、镜面 1716 和防反射涂层 1712。一镜面 1717 也制造在所述衬底的底面上，例如由诸如至少 100nm 厚的金的金属制成。安装在衬底顶面上的是一光学上层结构 1706，其内表面（例如）通过添加一反射金薄膜而是至少 95% 的反射且也支撑一有角度的镜面 1710。在此装置中，光束 1702 在衬底内以大于临界角的某个角度传播，所述临界角对于玻璃衬底和空气介质来说约为 41 度。因此，需要镜面 1716 将光束 1702 保持在衬底 / 波导的边界内反弹。此配置允许在光传播角度的选择上有较大灵活性。

[0181] 光束 1702 入射在法布里 - 珀罗滤波器 1704 上，其透射一特定频率的光 1708 同时反射剩余光 1709。被透射的频率 1708 入射在反射性上层结构 1706 上且从其处被反射，且由镜面 1716 再次反射到有角度的镜面 1710 上。镜面 1710 为倾斜的，使得由滤波器 1704 透射的光以相对于衬底 1714 的法线角导向防反射涂层 1712，且穿过衬底 1714 且进入外部介质。被反射的频率 1709 在衬底 1714 内在镜面 1717 与 1716 之间反射，且最终经 1718 反射穿过衬底 1714 且进入外部介质。因此所述装置总体上用作一波长选择滤波器。

[0182] 可使用多种技术来制造上层结构。一种技术包括整体微机械加工硅厚片以形成一精确深度（例如，约为所述衬底的厚度且至少数百微米）的空腔。在蚀刻所述空腔之后制造有角度的镜面，且使用多种硅 / 玻璃结合技术来将整个组合件结合到例如玻璃的衬底上。

[0183] 图 17B 是更精细的版本。在此实例中，添加第二可调滤波器 1739 以提供一额外的频率选择通道，其允许独立地选择两个单独的频率。光束 1730 穿过衬底 1744 且入射在第一法布里 - 珀罗滤波器 1732 上，其透射一特定频率的光 1734 同时反射剩余光。被透射的频率 1734 入射在镜面 1736 上且从其处被反射，且由一第二镜面再次反射到两个检测器 1738 的其中之一上。在衬底 1744 内，被反射的频率在镜面 1740 与一额外镜面之间被反射到第二法布里 - 珀罗滤波器 1739 上，其透射一特定频率的光且反射剩余光穿过衬底 1744 且进入外部介质。由第二滤波器 1739 透射的频率在反射性上层结构 1742 与一额外镜面之间被反射到检测器 1738 上。检测器 1738 允许一较高程度的集成功能。

[0184] 图 17C 并入集成电路。光束 1750 耦合入衬底 1770 且入射在可调滤波器 1752 上。此滤波器与图 17A 和图 17B 的滤波器不同因为其包括已制造于所述滤波器的可移动镜面的表面上的再耦合镜面 1756。所述镜面的角度使得由滤波器 1752 选择的频率现以光束 1758 的形式直接以垂直角度耦合回衬底。至于光束 1750 中的剩余频率传播直到其遇到再耦合镜面 1760，所述镜面 1760 的角度使得其呈现一与传播光束垂直的表面。所述光束因此将其路径折回出所述装置之外，在其处所述光束可由光学连接的其他装置使用。光束 1758 入射在可检测且解码在所述光束内的信息的 IC 1764 上。IC 1764 可以 FPGA 或其他基于硅、硅 / 锗或砷化镓的集成电路的形式，其可从直接耦合到承载信息的光中得到益处。例如，可依靠双向光路 1722 在 IC 1764 与 1762 之间形成一高频宽光学互连。此通过镜面 1766 与 1788

和再耦合镜面 1768 的组合而形成。如果 IC 并入诸如垂直空腔表面发射激光器 (VCSEL) 或发光二极管 (LED) 中, 那么可由 IC 发光。光可由任何数目的光学敏感组件检测, 其中所述组件的性质依赖于用于制造 IC 的半导体技术。也可由已制造在暴露于传播光的衬底的 IC 表面上的干涉式调制器来调制入射在 IC 上的光。

[0185] 采用衬底波导的光学混频器

[0186] 图 18A 和图 18B 是采用一 TIR 版本的衬底 / 波导实施的双通道光学混频器的说明。图 18A 展示所述装置的示意图。含有多个波长的光具有两种特定波长 1801 和 1803, 其被分离且导向两个独立的可变衰减器 1805。其然后输出到数个可能通道 1807 或进入一光阑 1813 中。

[0187] 图 18B 显示一实施例。输入光穿过光纤耦合器 1800 导入所述装置中, 穿过防反射涂层 1802 且利用再耦合镜面 1806 耦合入衬底 1804。再耦合镜面将光导向可调滤波器 1808 上, 分离出频率 λ_1 且将所有未选择的频率 1814 导向一第二可调滤波器 1809, 其分离出频率 λ_2 , 其中剩余频率 (光束 1819) 进一步向下游通过 TIR 传播。沿着由可调滤波器 1808 透射的频率 λ_1 的路径, 所述光 (光束 1815) 通过镜面 1810 再导回衬底波导, 穿过 AR 涂层, 且通过再耦合镜面 1811 (其将光束 1815 导向衰减器 1812) 再耦合回衬底 1804 中。由第二可调滤波器 1809 透射的频率 λ_2 由一类似于镜面 1810 定位的镜面再导向 (光束 1817) 衬底 1804 中, 其中所述光束沿一平行于光束 1815 的路径。光束 1815 与 1817 在衬底 1804 内通过 TIR 传播, 且其依靠光束再定位器 1816 而位移。

[0188] 光束再定位器 1816 产生与再耦合镜面相同的结果, 除了所述镜面平行于衬底表面之外。因为所述镜面以固定距离悬挂于衬底表面上方, 所以相对衬底界面上的入射点的位置向右移动。此位移直接由所述再定位器的高度决定。含有未由第二可调滤波器 1809 选择的波长的光束 1819 也依靠再定位器 1818 而位移。结果为当所有三个光束 (1815、1817 和 1819) 入射在解耦开关 1820 与 1824 的一阵列上时, 其同等地分开。其用于选择性地将所述光束再导向两个光组合器 (1828 为其中之一) 中的一者中, 或进入检测器 / 吸收器 1830。光组合器将光从解耦开关 1820 与 1824 分别导入输出光纤耦合器 1822 与 1826 中。可使用多种技术来制造光组合器。一种方法是采用反应性离子蚀刻将聚合薄膜图案化成支柱的形式, 其中其顶部形成于一透镜中。包含已结合到所述衬底的半导体装置的吸收器 / 检测器用以允许测量混频器的输出功率。光学上层结构 1829 支撑外部光学组件且为所述混频器提供一密封封装。

[0189] 平面干涉式调制器与一衬底波导的组合提供易于制造、配置且耦合到外部世界的一系列光学装置, 因为所述装置存在于波导和 / 或上层结构上且能够对在波导内且在所述波导与所述上层结构之间传播的光操作。因为所有组件都以一平面方式制造, 所以可通过在大面积上整体制造来实现规模经济, 且不同零件可容易且精确地对准和结合。此外, 因为所有的主动组件在垂直于衬底的方向上展示激励, 所以其相对于较详细的非平面镜面和光束来说相对易于制造和驱动。主动电子组件可结合到上层结构或衬底 / 波导上以增强功能性。或者, 可将主动装置制造为上层结构的一部分, 如果其为诸如硅或砷化镓的半导体时尤其如此。

[0190] 印刷方式制造工艺

[0191] 因为其为平面的且因为许多层不要求需要专门衬底的半导体电特性, 所以干涉式

调制器以及许多其他 MEMS 结构可利用类似于印刷工业的制造技术。这些类型的工艺通常涉及柔性且呈（例如）由纸或塑料形成的连续薄片形式的“衬底”。被称作卷筒工艺，其通常涉及送入一系列工具中的一卷连续的衬底材料，每一工具选择性地在衬底上涂布油墨以便依序构造一全彩色图形图像。因为使用这种工艺可高速生成产品，所以这些工艺是让人感兴趣的。

[0192] 图 19 是这种应用于单一干涉式调制器的制造且通过扩展应用于干涉式调制器阵列或其他微机电结构的制造的顺序示意图。卷筒源 1900 是一卷诸如透明塑料的衬底材料。来自该卷材料的一段材料上的代表面积 1902 出于描述的目的仅含有单一装置。压印工具 1904 将一凹陷图案压入塑料薄片。这可通过一其上蚀刻有适当突起图案的金属模板来完成。

[0193] 所述金属模板安装在一鼓上，所述鼓以足够压力压在薄片上以使所述塑料变形而形成凹陷。图 1906 对此进行了说明。涂布机 1908 采用诸如溅镀或蒸镀等已知薄膜沉积工艺来沉积薄材料层。结果得到一包含氧化物、金属、氧化物和牺牲薄膜的四个薄膜的堆叠 1910。这些材料对应于感应吸收器干涉式调制器设计。一工具 1912 分配、固化且曝光光致抗蚀剂以图案化这些层。一旦已界定了图案，就在工具 1914 中进行薄膜蚀刻。或者，可使用一已知为激光切除的工艺来完成图案化。在此情形下，以一允许激光与移动衬底同步的方式在材料上扫描激光。激光的频率和功率使得其可将相关材料蒸发为约几微米的特征大小。调谐所述激光的频率使得其可仅与衬底上的材料相互作用而不与衬底本身相互作用。因为蒸发进行地太快，所以仅对衬底最小程序地加热。

[0194] 在此装置实例中，使用相同的图案来蚀刻所有的薄膜。这可见于 1918 中，其中在应用工具 1916 之后剥去所述光致抗蚀剂。工具 1920 是另一沉积工具，其沉积将变为干涉式调制器的结构层。铝是此层 1922 的一种候选材料。此材料也可包括展示最小剩余应力且可采用多种 PVD 和 PECVD 技术来沉积的有机材料。随后分别使用工具 1924、1926 和 1928 将此层图案化、蚀刻和剥离光致抗蚀剂。工具 1930 用于蚀刻去掉牺牲层。如果此层是硅，那么可使用用于此目的的气相蚀刻剂 XeF_2 来完成此工作。结果得到形成干涉式调制器的自支撑膜结构 1932。

[0195] 通过将柔性薄片 1933 结合到衬底薄片的顶面来完成所得装置的封装。这也可通过使用涂布工具 1934 已涂布有诸如金属的密封薄膜的连续卷 1936 来供应。使用结合工具 1937 将两个薄片接合在一起以产生所得的封装后的装置 1940。

[0196] 应力测量

[0197] 剩余应力是 MEMS 结构的设计和制造中的一个要素。在干涉式调制器和其中在制造工艺中已机械释放了结构部件的其他结构中，剩余应力决定所述部件的所得几何形状。

[0198] 作为一干涉式装置的干涉式调制器对可移动膜的所得几何形状的变化敏感。经反射（或在其他设计情况下为经透射的）颜色是所述空腔的气隙间距的直接函数。因此，在沿一空腔长度的此距离上的变化可导致不可接受的颜色变化。另一方面，此性质是决定所述结构本身的剩余应力的有用工具，因为颜色变化可用于决定膜变形的变化和程度。已知任何材料的变形状态允许决定所述材料中的剩余应力。计算机建模程序和算法可使用在变形状态上的二维数据来决定此剩余应力。因此，干涉式调制器结构可提供一用于进行这种评估的工具。

[0199] 图 20A 到图 20F 展示如何可以此方式使用干涉式调制器的实例。从侧面展示了以下干涉式调制器：图 20A 中的 2000 和 2002、图 20C 中的 2004 与 2006 和图 20E 中的 2008 与 2010，同时展示了分别穿过图 20B、20D 和 20F 中的衬底从底侧观看的相同干涉式调制器。左边的干涉式调制器是双悬臂形式，且右边的干涉式调制器是单悬臂形式。在图 20A 的情形下，所述结构材料没有剩余应力，且两个膜都不展示变形。如图 20B 所示，穿过衬底观看的装置展示一均匀颜色，此由在其上形成所述装置的间隔层的厚度决定。图 20C 中的干涉式调制器 2004 和 2006 展示具有一应力梯度，其在顶部比在底部更具有压缩力。结果所述结构膜展示一变形，且在图 20D 的仰视图中显示了颜色改变的性质。对应于干涉式调制器 2004 的膜的中间区域的颜色区域 2018 可为红色，因为其比膜的侧面区域 2018 距衬底更远。相反地，如果对应于干涉式调制器 2006 的左侧膜的部分的颜色区域 2016 为绿色，那么对应于干涉式调制器 2006 的右侧膜的部分的颜色区域 2014 可为蓝色，因为其更靠近衬底。

[0200] 在图 20E 中的干涉式调制器 2008 和 2010 展示处于以下状态：应力梯度在顶部比在底部展示更高的张应力。相应地变形所述结构部件，导致如图 20F 的仰视图中所展示的颜色变化。在此情形下，对应于干涉式调制器 2008 的膜的中间部分的区域 2024 可为蓝色，同时对应于干涉式调制器 2008 的膜的外部部分的膜侧面区域 2024 的部分可为绿色，因为其距衬底更远。类似地，如果对应于干涉式调制器 2010 的膜的左侧的区域 2020 为红色，那么对应于干涉式调制器 2010 的膜的右侧的区域 2022 可为蓝色，因为其距衬底更远。

[0201] 在图 20G 中展示一系统，其可用于快速且准确地评估一沉积薄膜的剩余应力状态。晶片 2030 包含干涉式调制器结构的一阵列，其由具有可变的长度和宽度的单悬臂膜和双悬臂膜组成。所述结构膜由一机械和剩余应力性质较好特征化的材料制成。许多材料都是可能的，其经受必需反射率的限制，假定在此情形下干涉式调制器不用于显示目的，那么此必需反射率可相当低。好的候选材料将包括结晶形态的材料（例如，硅、铝、锗），其从一制造观点来看是相容的或可变成相容的，其展示某种程度的反射率，且具有可特征化为较高精确度的机械性质。制造且释放这些“测试结构”使其为独立式的。如果材料没有应力，那么所述结构将不展示颜色变化。然而如果不是这种情况的话，那么可通过使用高分辨率成像装置 2034 来记录颜色状态或颜色地图，所述高分辨率成像装置 2034 可通过光学系统 2032 获得高放大率的图像。

[0202] 所述成像装置连接到一计算机系统 2036，所述计算机系统 2036 上驻存能够记录和处理图像数据的硬件。所述硬件可包含可易于得到的高速处理板以便以高速率执行数字计算。所述软件可由收集程序组成以收集颜色信息和计算表面变形。核心程序将使用变形数据来决定在膜的厚度上的均匀应力和应力梯度的最佳组合，这能够产生总体形状。

[0203] 一种使用模式可产生具有非沉积应力状态的详细记录的“原始”测试晶片的集合，将其放好以备后用。当需要决定一沉积薄膜的剩余应力时，选择一测试晶片且所述薄膜沉积在其顶部。沉积薄膜改变了所述结构的几何形状，且因此改变其颜色地图。利用驻存在所述计算机系统中的软件，可比较测试晶片之前和之后的颜色地图，且进行所沉积薄膜中的剩余应力精确评估。在沉积之后也可将所述测试结构设计成受激励。在具有新近沉积的薄膜的激励期间对其运转状态的观测可提供关于剩余应力状态的更多信息以及在许多激励循环中薄膜性质的改变。

[0204] 此技术也可用于决定薄膜在沉积时的薄膜应力。通过适当修改所述沉积系统，可

制成允许所述成像系统实时观察结构且追踪其颜色地图变化的光学路径。此可将有助于使用于控制沉积参数的反馈系统试图以此方式控制剩余应力。所述软件和硬件可周期性地“询问”测试晶片，且允许沉积工具操作者在薄膜成长时改变条件。总体上来说，此系统优于用于测量剩余应力的其他技术，这些其他技术或者单独依赖机电激励，或者利用昂贵且复杂的干涉系统来测量制成结构的变形。前者的问题在于需要向装置的较大阵列提供驱动电子设备和电子测量位移的不精确性。后者的问题在于在观测下的薄膜的光学性质和所需外部光学装置和硬件的复杂性。

[0205] 不连续薄膜

[0206] 具有有趣性质的另一类材料为结构不均匀的薄膜。这些薄膜可以数种形式出现，且我们应将其统称为不连续薄膜。图 21A 说明了一种形式的不连续薄膜。衬底 2000 可为已使轮廓 2104、2106 和 2108 蚀刻成其表面的金属、电介质或半导体。这些包含应具有相关光的波长的某分数的高度 2110 的个别结构剖面的轮廓使用光刻和化学蚀刻技术来蚀刻以实现类似于由 2104(三角形)、2106(圆柱形) 和 2108(克娄分斯坦(klopfenstein) 锥形) 所说明的剖面。任一个别剖面的基底 2102 的有效直径也约为所述图案的高度。虽然每一轮廓是稍微不同的，但是其都共用享有从入射处横穿进入衬底中的特性，有效折射率从入射介质的折射率逐渐变为薄膜衬底 2000 本身的折射率。这种类型的结构用作高级的防反射涂层，因为其与由薄膜组合制成的结构相比不具有同样多的角度依赖性。因此，其对较广范围的入射角度保持较高的防反射性。

[0207] 图 21B 显示一涂层 2120，其已沉积在衬底 2122 上且也可由金属、电介质或半导体制成。在此情形下，所述薄膜仍处在形成的早期，厚度约低于 1000 埃。在多数沉积工艺期间，薄膜经历一逐渐成核过程，形成越长越大的材料位置直到其开始接合在一起，且在某种程度上形成一连续薄膜。图 21C 展示薄膜 2124 的俯视图。在早期阶段的薄膜的光学性质与连续薄膜的光学性质不同。对于金属而言，一不连续薄膜倾向于比其连续同等物展示更高的损失。

[0208] 图 21D 说明了不连续薄膜的第三形式。在此情形下，薄膜 2130 已沉积在衬底 2132 上厚度至少为一千埃，使得可将其认为是连续的。使用类似于早期描述的自组合方法的技术在所述材料中产生“亚波长”(具有比相关波长小的直径) 洞 2134 的一图案。在此情形下，聚合物可用作将蚀刻图案传印到下方材料中的光罩，且可使用反应性离子蚀刻技术来蚀刻所述洞。因为所述材料是连续但多孔的，所以其不能像图 21B 的早期薄膜一样作用。相反，其光学性质与未蚀刻薄膜不同，因为入射辐射经历较少损失且可展示基于表面等离子的透射峰值。另外，可操纵所述洞的几何形状以及入射角度和入射介质的折射率来控制所透射光的光谱特征。图 21E 展示多孔薄膜 2136 的俯视图。在 Tae Jin Kim 的论文“Control of optical transmission through metals perforated with subwavelength hole arrays” 中描述了这些薄膜。虽然其结构是规则的，但是其不同于 PBG。

[0209] 所有这三种类型的不连续薄膜都是包括于干涉式调制器结构中的候选者。即，其可在干涉式调制器结构的静态和 / 或可移动部分中用作一个或一个以上的材料薄膜。所有这三种都展示独特的光学性质，这些光学性质可以主要依靠个别薄膜而非具有可变厚度的薄膜组合的结构和几何形状的方式来控制。其可与其可包含的干涉式调制器的其他电子、光学和机械元件结合使用。在非常简单的情形下，这些薄膜的每一者的光学性质可通过表

面传导或光学干涉使其与其他薄膜直接接触和紧密接近其他薄膜来得以改变。此可通过直接改变所述薄膜的传导性和 / 或通过改变其周围介质的有效折射率来发生。因此可用具有较少复杂的制造工艺的较简单结构来获得在个别干涉式调制器中的复杂光学响应。

[0210] 视觉显示装置

[0211] 本发明的另外实施例包括视觉显示装置，其包含以一较大阵列制造的复数个干涉式调制器装置以在一反射性显示器中形成像素。图 23A 和图 23B 为说明一显示装置 40 的一实施例的系统结构图。显示装置 40 可为（例如）一蜂窝移动电话。然而，显示装置 40 的相同组件或其轻微变型也可说明不同类型的显示装置，例如电视或便携式媒体播放器。

[0212] 显示装置 40 包括一外壳 41、一显示器 30、一天线 43、一扬声器 45、一输入装置 48 和一麦克风 46。外壳 41 通常由所属领域的技术人员所熟知的许多种制造工艺中的任何一种制成，包括注射成型和真空成形。另外，外壳 41 可由许多种材料中的任何一种制成，包括但不限于塑料、金属、玻璃、橡胶和陶瓷或其组合。在一实施例中，外壳 41 包括可与其他具有不同颜色或含有不同标志、图片或符号的可移动部分互换的可移动部分（未示出）。

[0213] 例示性显示装置 40 的显示器 30 可为许多种显示器中的任何一种，包括如本文中所述的双稳态显示器。在其他实施例中，如所属领域的技术人员所熟知，显示器 30 包括一平板显示器，例如，如上所述的等离子体、EL、OLED、STN LCD 或 TFT LCD；或一非平板显示器，例如 CRT 或其他电子管装置。不过，如本文所述，出于说明本实施例的目的，显示器 30 包括一干涉式调制器显示器。

[0214] 在图 23B 中示意性地显示例示性显示装置 40 的一个实施例的组件。所示例示性显示装置 40 包括一外壳 41 且可包括其他至少部分地封闭在外壳 41 内的组件。例如，在一实施例中，例示性显示装置 40 包括一网络接口 27，网络接口 27 包括一耦合至一收发器 47 的天线 43。收发器 47 连接到与调节硬件 52 相连的处理器 21。调节硬件 52 可配置成调节一信号（例如对信号进行滤波）。调节硬件 52 连接到一扬声器 44 和一麦克风 46。处理器 21 也连接到一输入装置 48 和一驱动控制器 29。驱动控制器 29 耦合到一帧缓冲器 28 和阵列驱动器 22，阵列驱动器 22 又耦合到一显示器阵列 30。一电源 50 根据该特定例示性显示装置 40 的设计的要求向所有组件提供功率。

[0215] 网络接口 27 包括天线 43 和收发器 47，以使例示性显示装置 40 可通过网络与一个或一个以上的装置通信。在一实施例中，网络接口 27 还可具有某些处理功能，以降低对处理器 21 的要求。天线 43 为所属领域的技术人员习知的任一种用于发射和接收信号的天线。在一实施例中，所述天线根据 IEEE 802.11 标准（包括 IEEE 802.11(a)、(b) 或 (g)）发射和接收 RF 信号。在另一实施例中，所述天线根据蓝牙 (BLUETOOTH) 标准发射和接收 RF 信号。在蜂窝电话的情况下，所述天线设计成接收用于在一无线蜂窝电话网络内进行通信的 CDMA、GSM、AMPS 或其他已知信号。收发器 47 预处理自天线 43 接收的信号，以使这些信号可由处理器 21 接收且进一步处理。收发器 47 还处理自处理器 21 接收到的信号，以便可通过天线 43 自例示性显示装置 40 发射这些信号。

[0216] 在一替代实施例中，收发器 47 可由一接收器替代。在另一替代实施例中，网络接口 27 可由一可存储或产生待发送至处理器 21 的图像数据的图像源替代。例如，该图像源可为一数字视频光盘 (DVD) 或一含有图像数据的硬盘驱动器或一产生图像数据的软件模块。

[0217] 处理器 21 通常控制例示性显示装置 40 的整体运行。处理器 21 自网络接口 27 或

一图像源接收数据,例如经压缩的图像数据,并将所述数据处理成原始图像数据或一种易于处理成原始图像数据的格式。此后,处理器 21 将处理后的数据发送到驱动控制器 29 或帧缓冲器 28 进行存储。原始数据通常指识别一图像内每一位置处的图像特征的信息。例如,这些图像特征可包括颜色、饱和度和灰度级。

[0218] 在一实施例中,处理器 21 包括一微处理器、CPU 或用于控制例示性显示装置 40 的运行的逻辑单元。调节硬件 52 通常包括用于向扬声器 44 发射信号和从麦克风 46 接收信号的放大器和滤波器。调节硬件 52 可为例示性显示装置 40 内的离散组件,或者可并入处理器 21 或其他组件内。

[0219] 驱动控制器 29 直接从处理器 21 或从帧缓冲器 28 接收由处理器 21 产生的原始图像数据,并将所述原始图像数据适当地重新格式化,以高速传输至阵列驱动器 22。具体而言,驱动控制器 29 将原始图像数据重新格式化为一具有一光栅类格式的数据流,以使其具有一适用于扫描整个显示器阵列 30 的时间次序。此后,驱动控制器 29 将格式化后的信息发送至阵列驱动器 22。尽管一驱动控制器 29(例如一 LCD 控制器)通常作为一独立的集成电路(IC)与系统处理器 21 相关联,但这些控制器可按多种方式实施。其可作为硬件嵌入处理器 21 中、作为软件嵌入处理器 21 中、或以硬件形式与阵列驱动器 22 完全集成在一起。

[0220] 通常,阵列驱动器 22 自驱动控制器 29 接收格式化后的信息并将视频数据重新格式化为一组平行的波形,该组平行的波形每秒许多次地施加至来自显示器的 x-y 像素矩阵的数百且有时是数千条引线。

[0221] 在一实施例中,驱动控制器 29、阵列驱动器 22 和显示器阵列 30 适用于本文所述的任何类型的显示器。例如,在一实施例中,驱动控制器 29 为一传统的显示控制器或一双稳态显示控制器(例如一干涉式调制器控制器)。在另一实施例中,阵列驱动器 22 为一传统驱动器或一双稳态显示驱动器(例如一干涉式调制器显示器)。在一实施例中,一驱动控制器 29 与阵列驱动器 22 集成在一起。此一实施例在例如蜂窝式电话、表和其他小面积显示器等高度集成的系统中很常见。在又一实施例中,显示器阵列 30 为一典型的显示器阵列或一双稳态显示器阵列(例如一包括一干涉式调制器阵列的显示器)。

[0222] 输入装置 48 允许使用者能控制例示性显示装置 40 的运行。在一实施例中,输入装置 48 包括一小键盘(例如 QWERTY 键盘或电话小键盘)、一按钮、一开关、一触敏屏幕、一压敏或热敏膜。在一实施例中,麦克风 46 是例示性显示装置 40 的一输入装置。当使用麦克风 46 向该装置输入数据时,可由使用者提供语音命令来控制例示性显示装置 40 的运行。

[0223] 电源 50 可包括所属领域中众所周知的各种能量存储装置。例如,在一实施例中,电源 50 是一可再充电的蓄电池,例如镍-镉蓄电池或锂离子蓄电池。在另一实施例中,电源 50 是一可再生能源、电容器或太阳能电池,包括塑料太阳能电池和太阳能电池涂料。在另一实施例中,电源 50 经配置以从墙上插座接收电力。

[0224] 如上文所述,在某些实施方案中,控制可编程性驻存于一驱动控制器中,该驱动控制器可位于电子显示系统中的数个位置上。在某些情形中,控制可编程性驻存于阵列驱动器 22 中。所属领域的技术人员将了解,可以任意数量的硬件和 / 或软件组件和不同的配置来实施上述优化。

[0225] 其他实施例在以下权利要求书的范畴内。

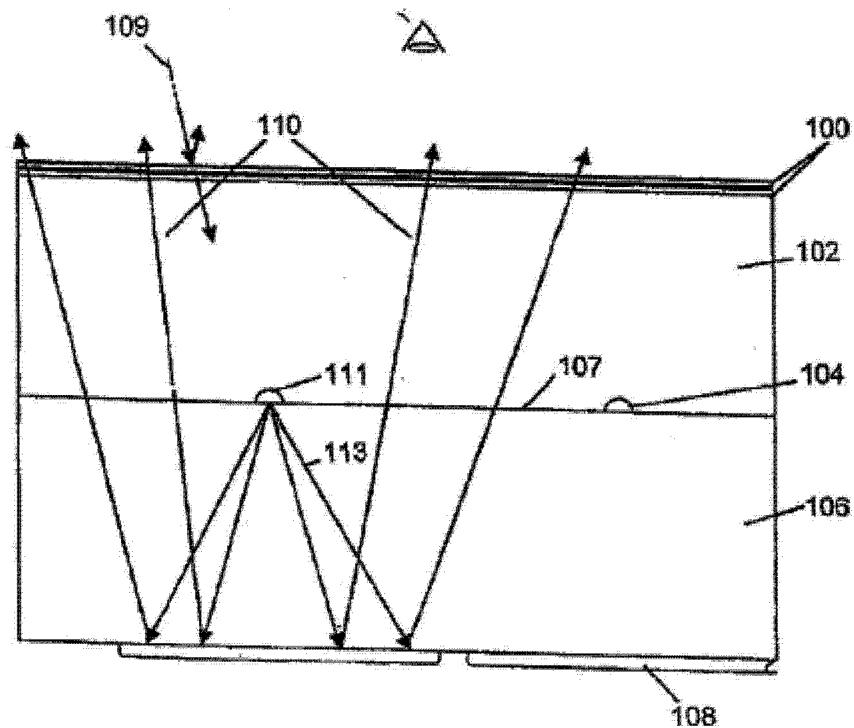


图 1A

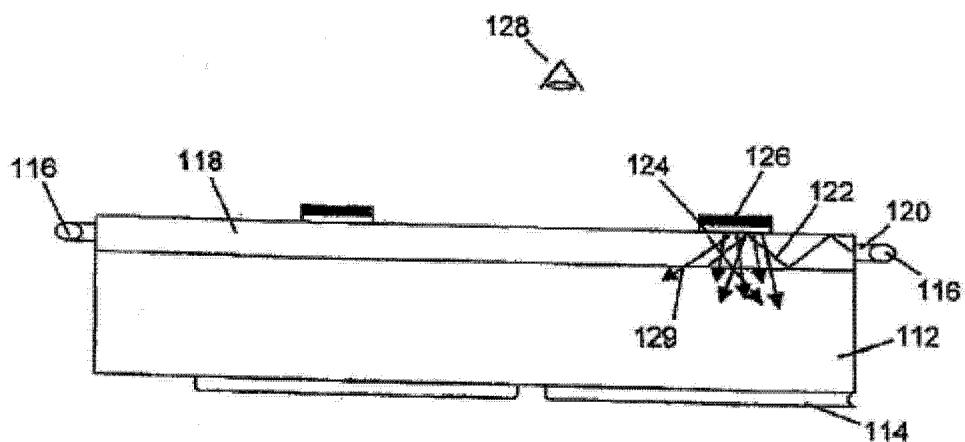


图 1B

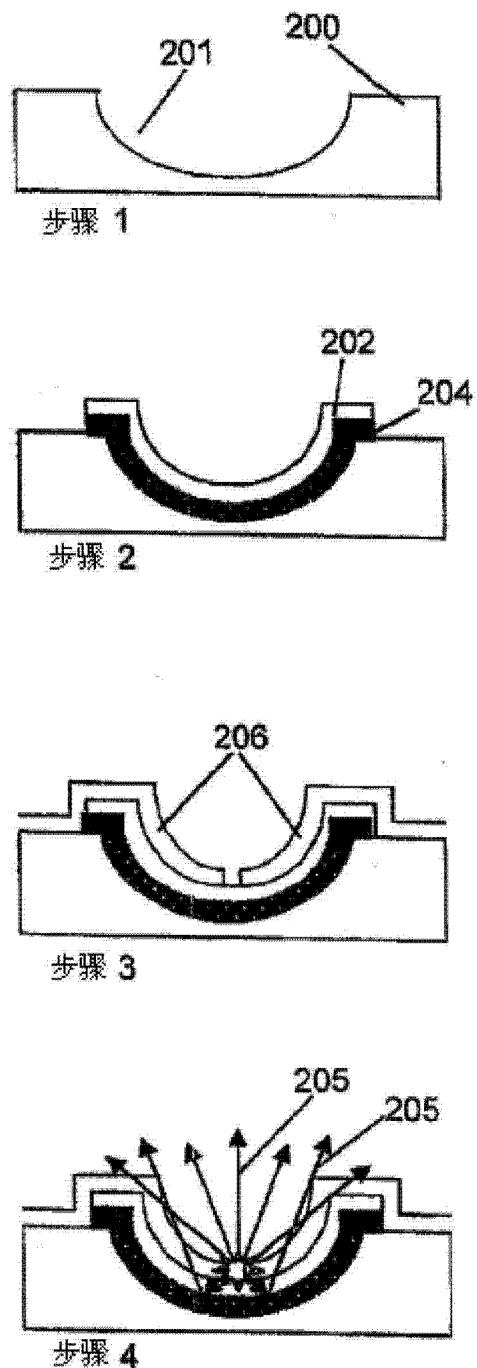


图 2

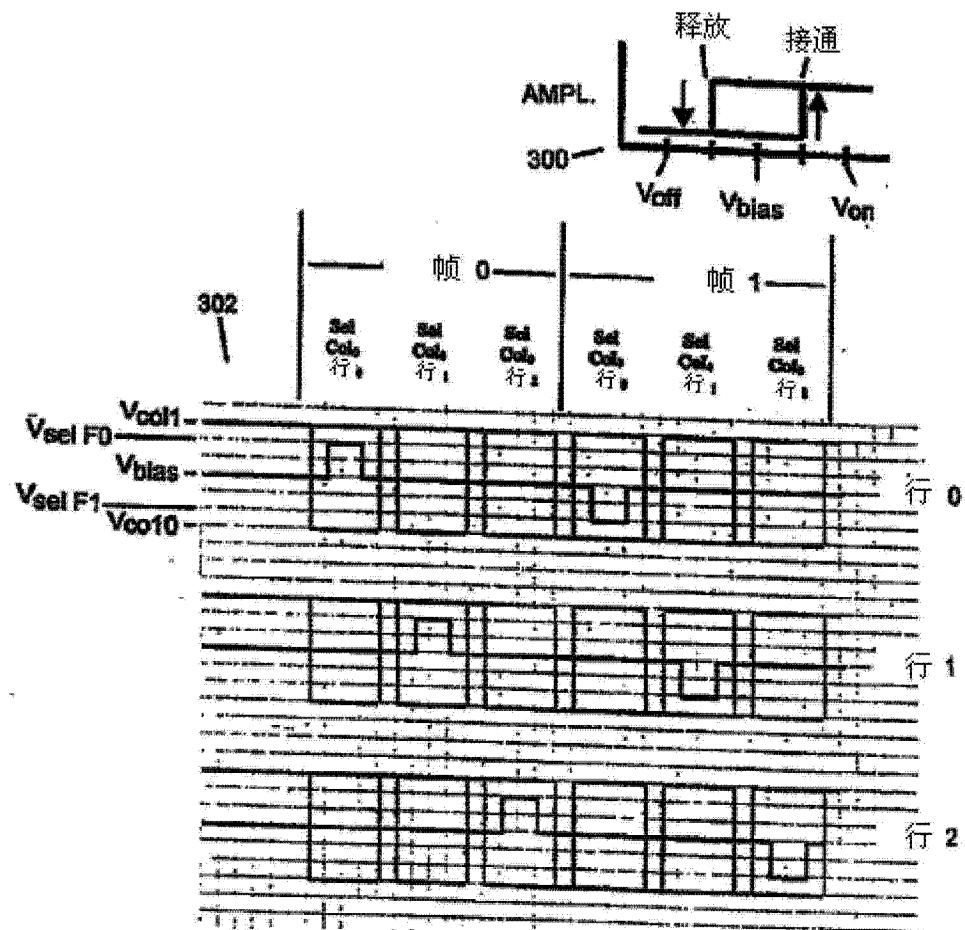


图 3

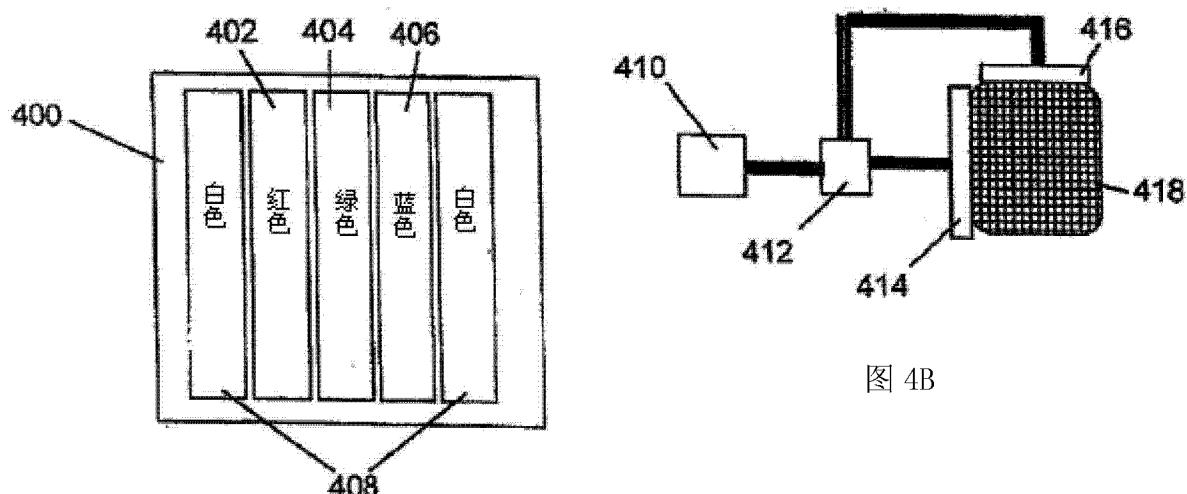


图 4A

图 4B

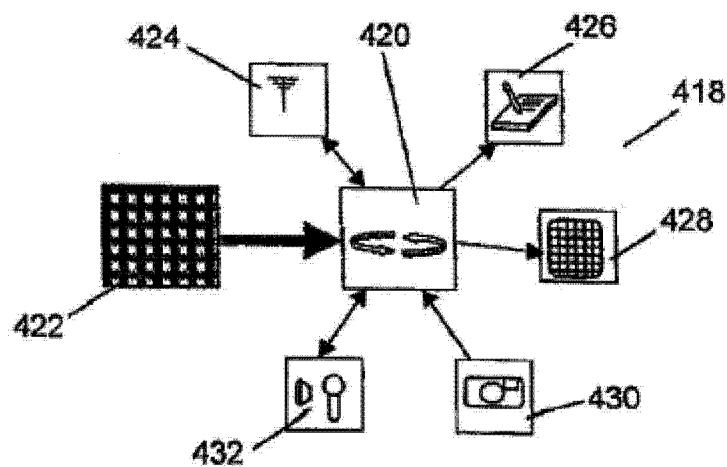


图 4C

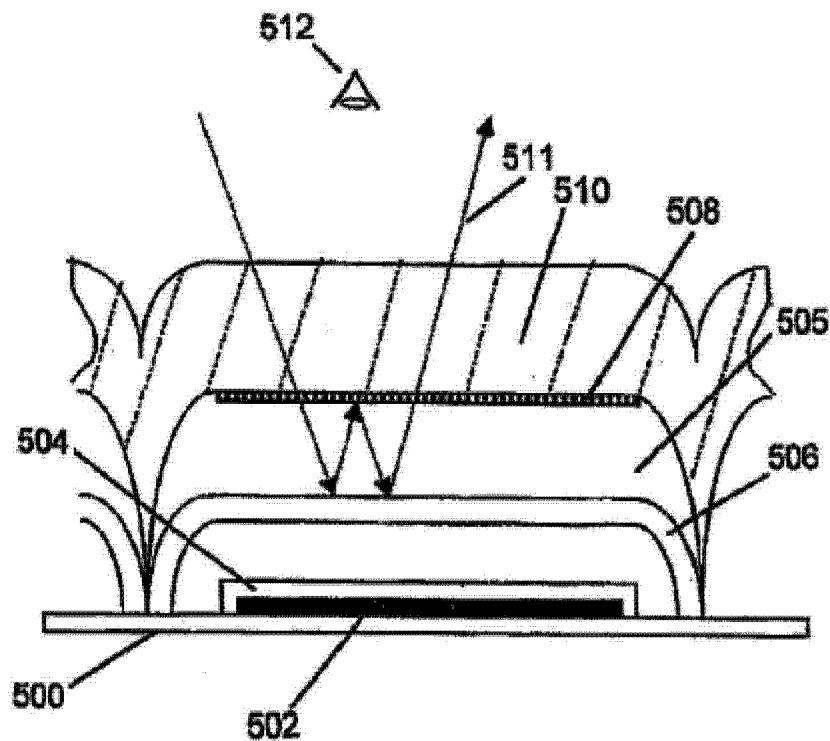


图 5A

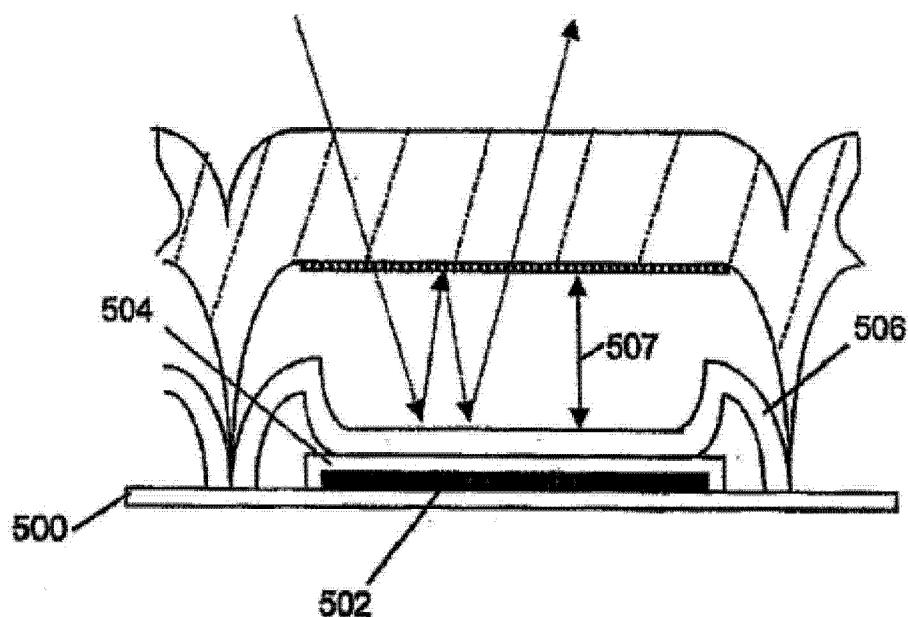


图 5B

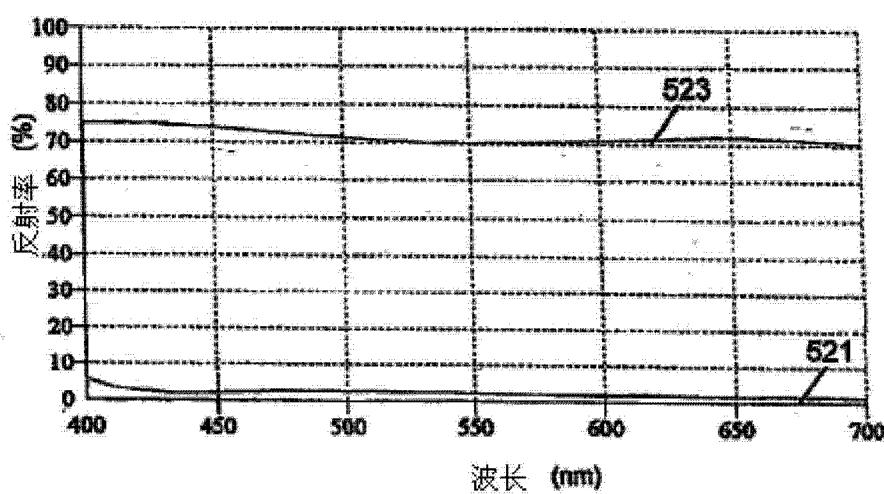


图 5C

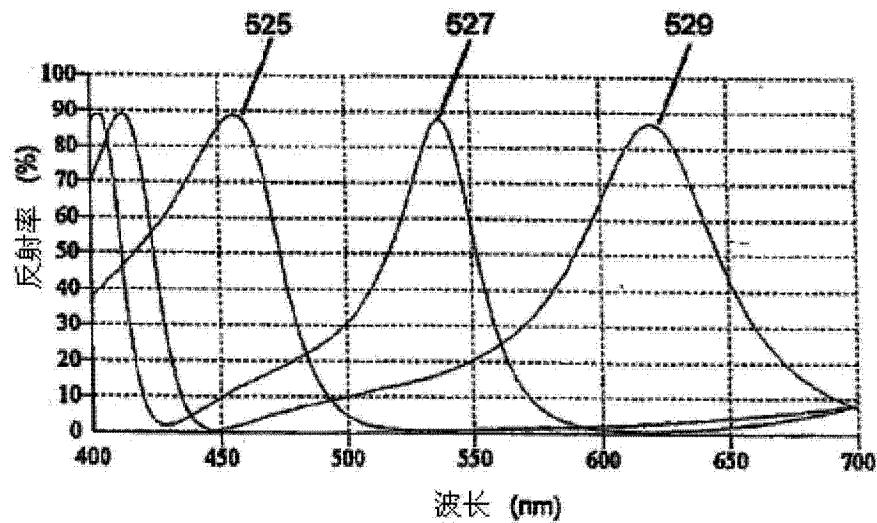


图 5D

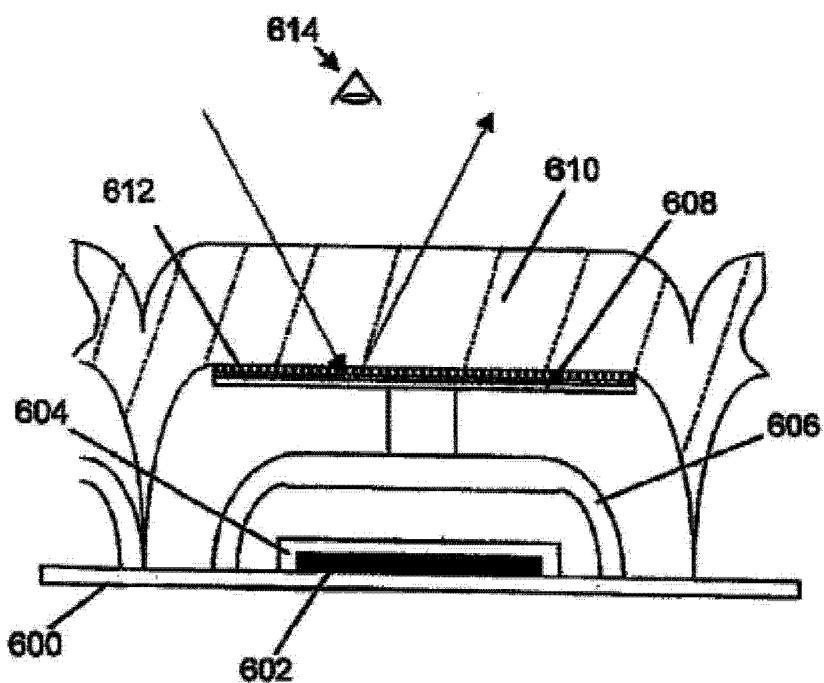


图 6A

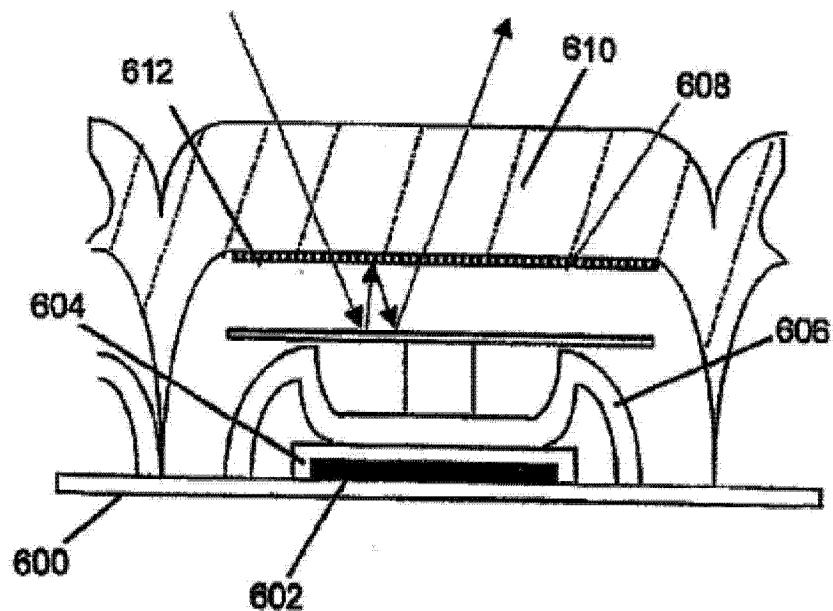


图 6B

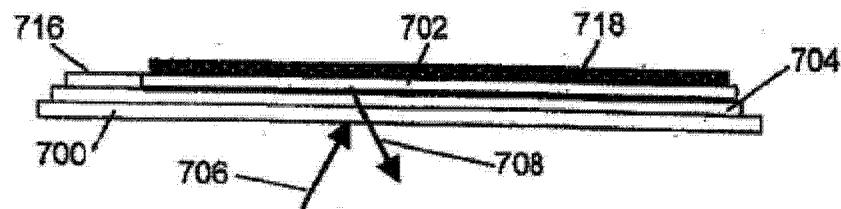


图 7A

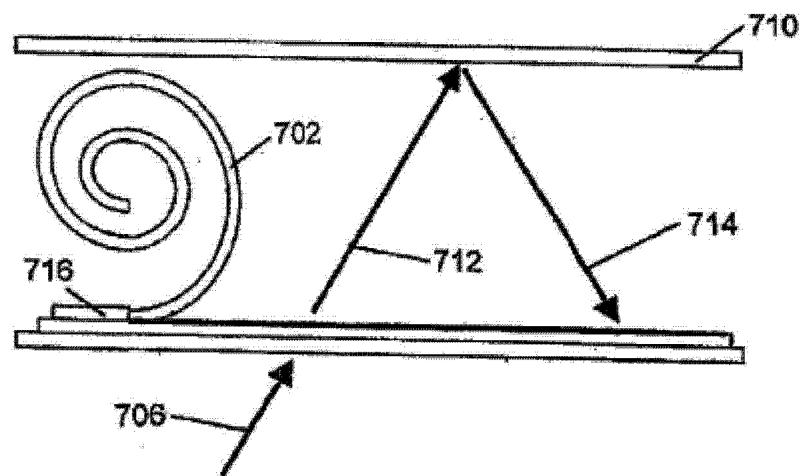


图 7B

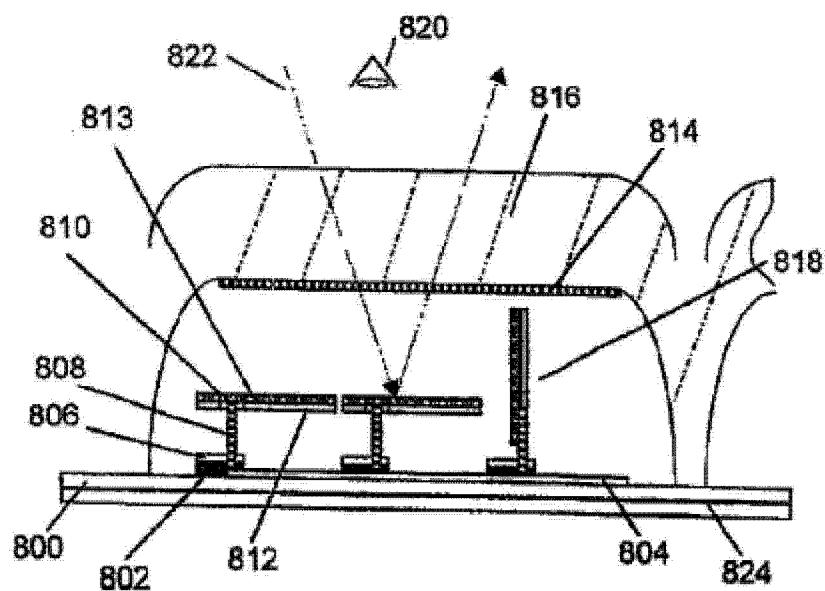


图 8A

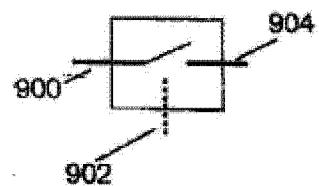
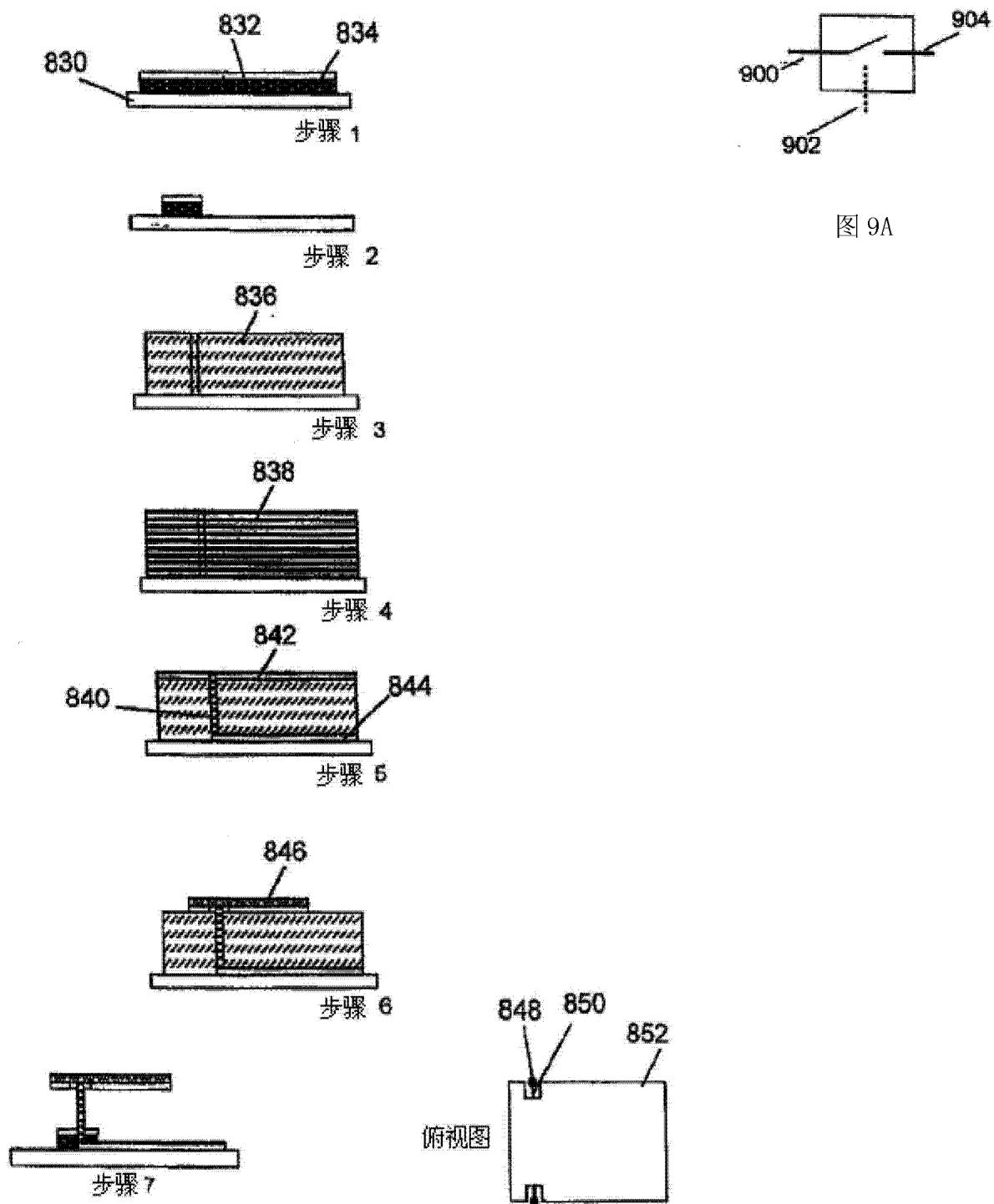


图 9A

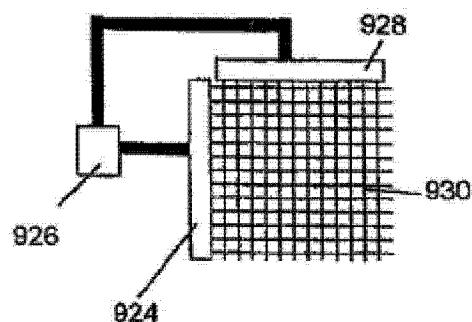
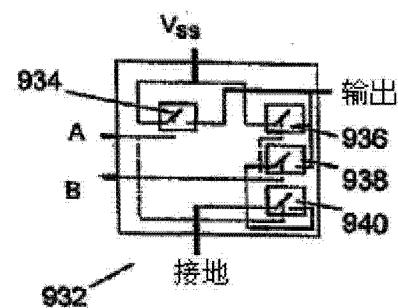
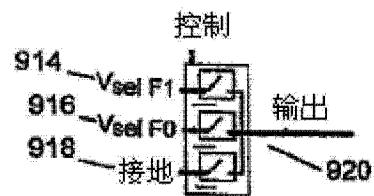
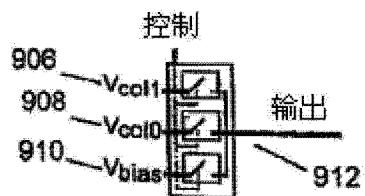
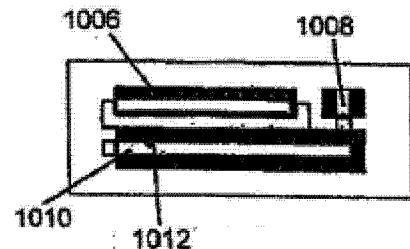
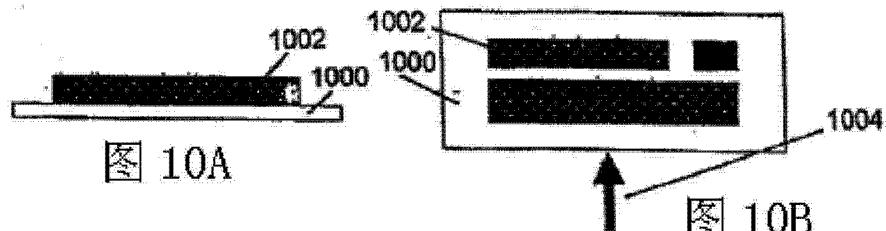


图 9E



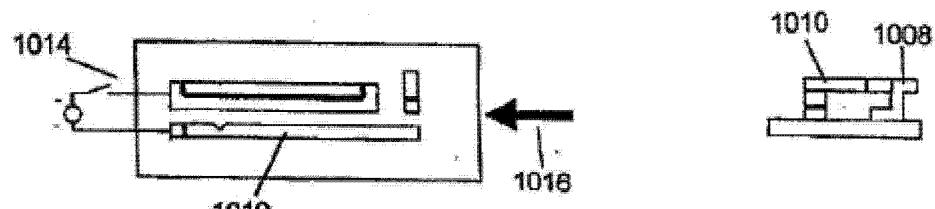


图 10G

图 10F

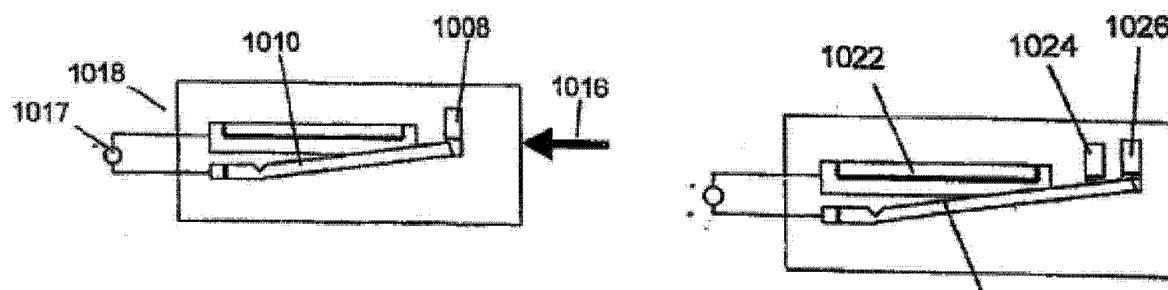


图 10H

图 10I

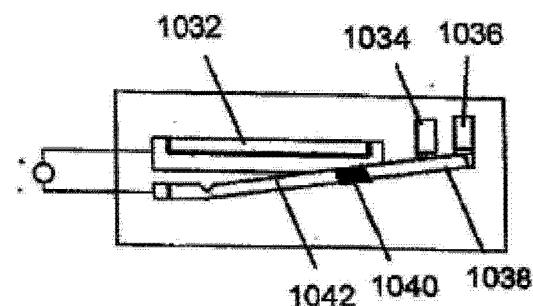


图 10J

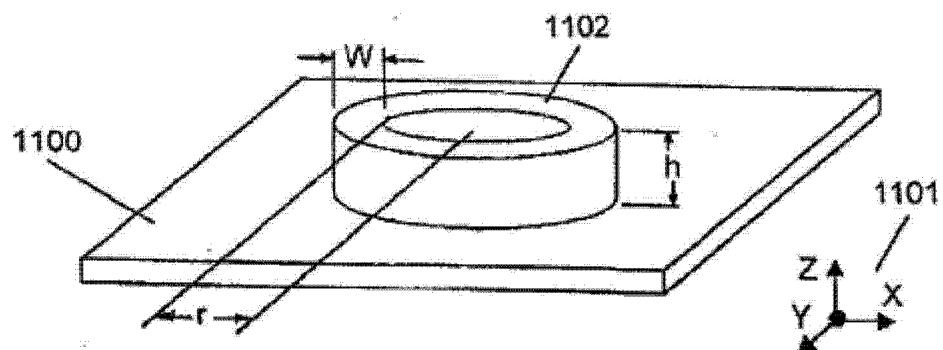


图 11A

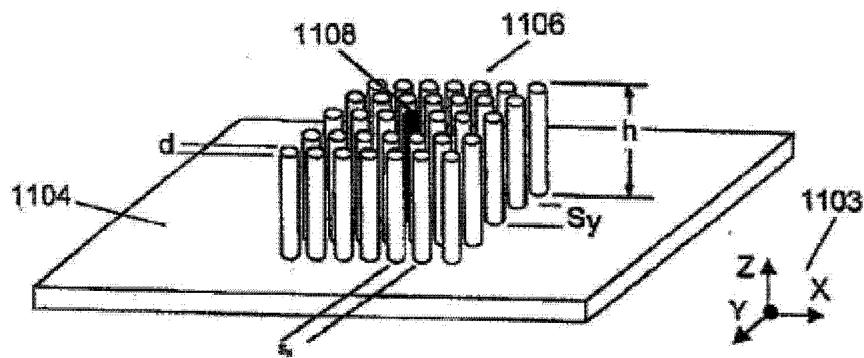


图 11B

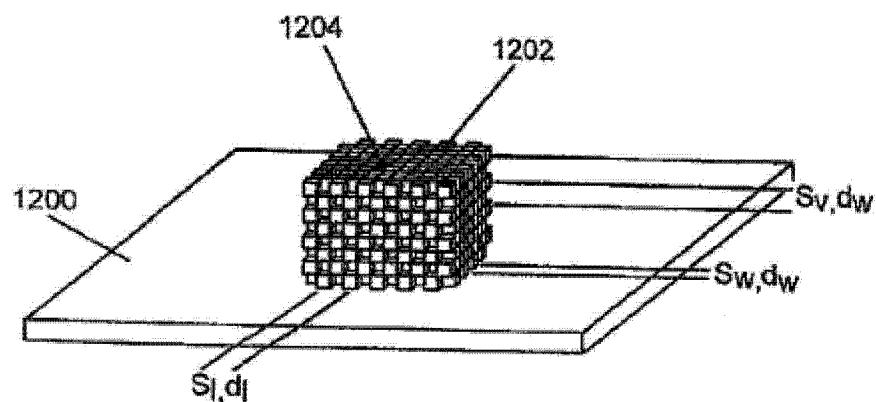


图 12

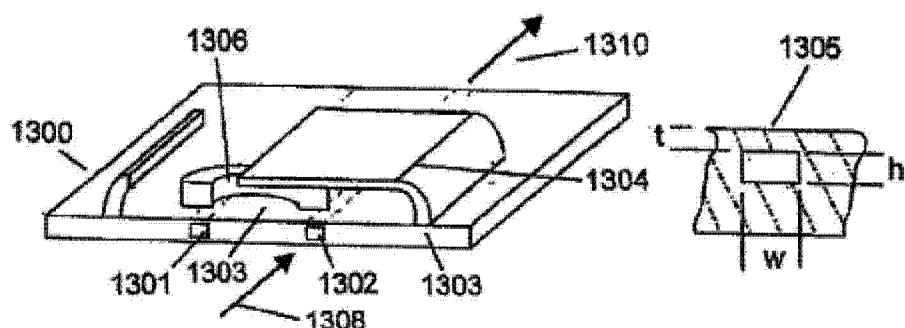


图 13A

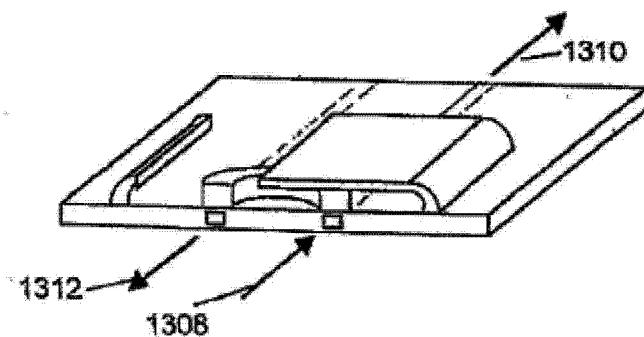


图 13B

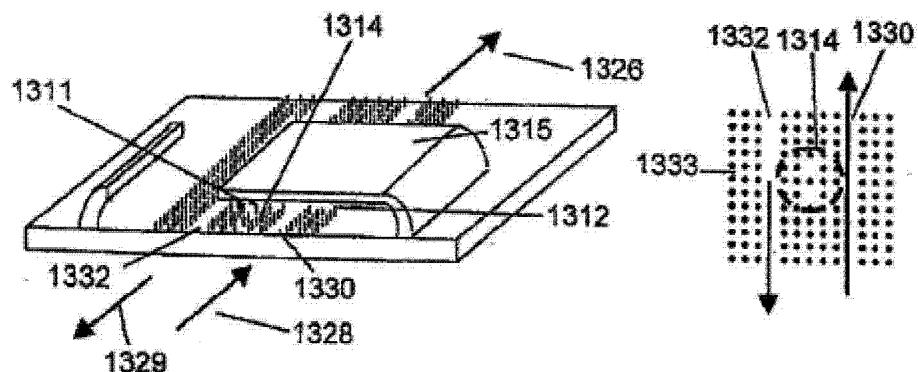


图 13C

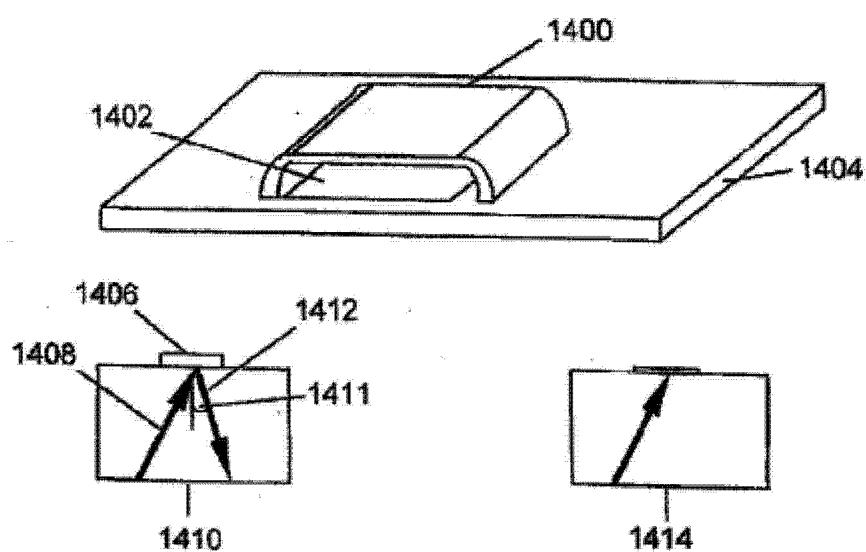


图 14A

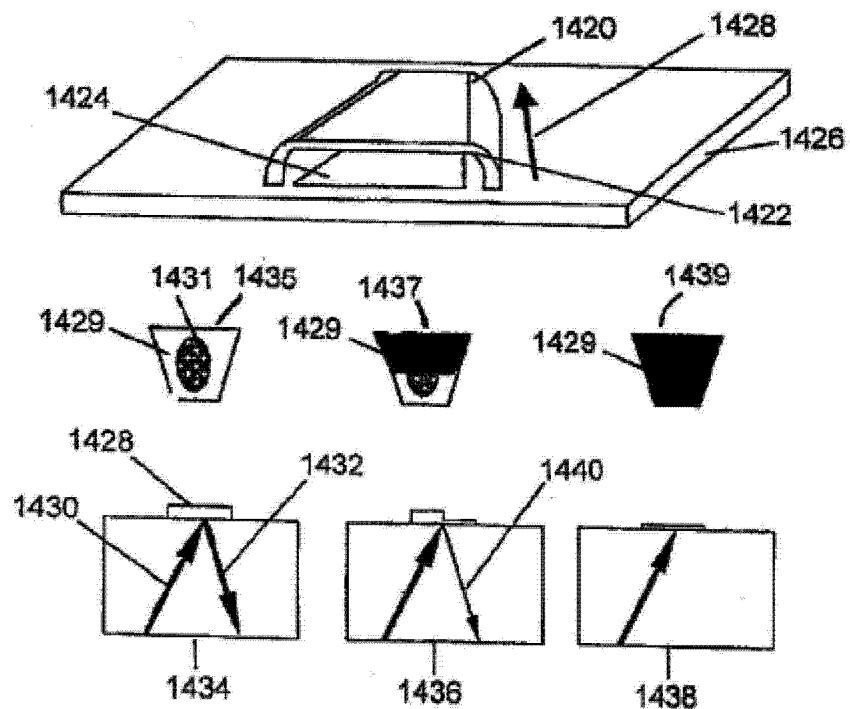


图 14B

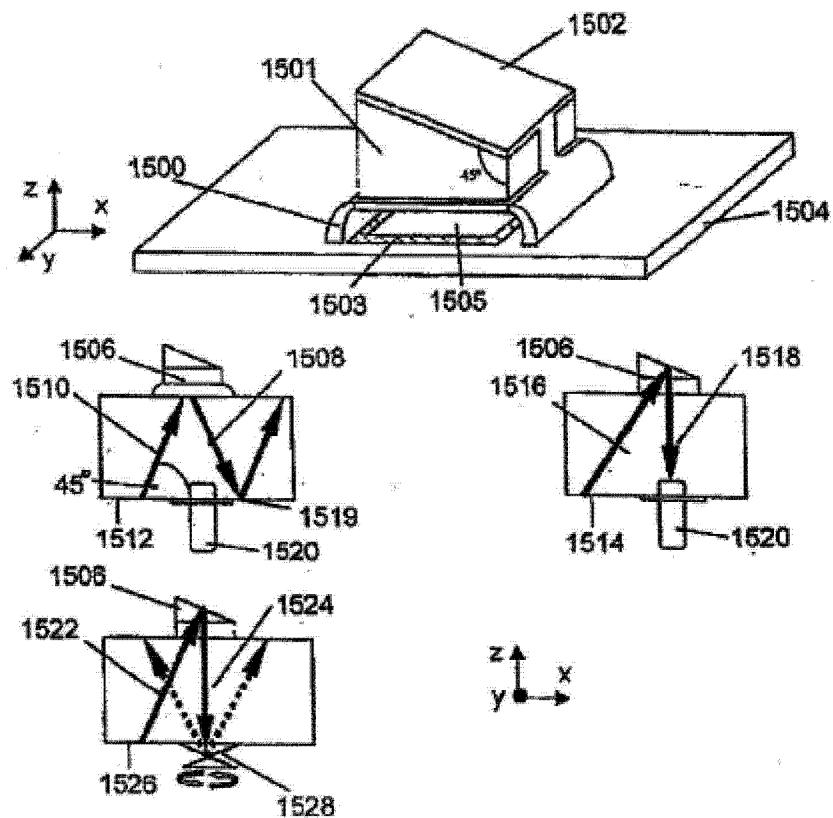


图 15A

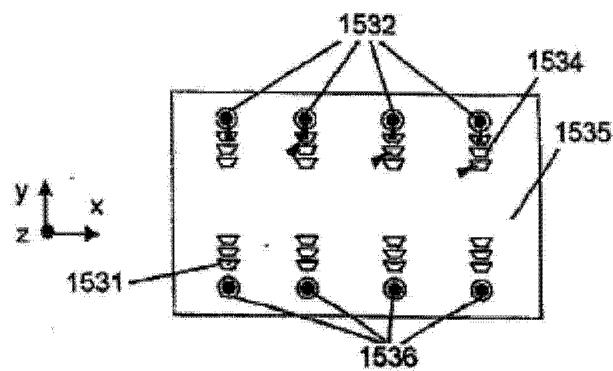


图 15B

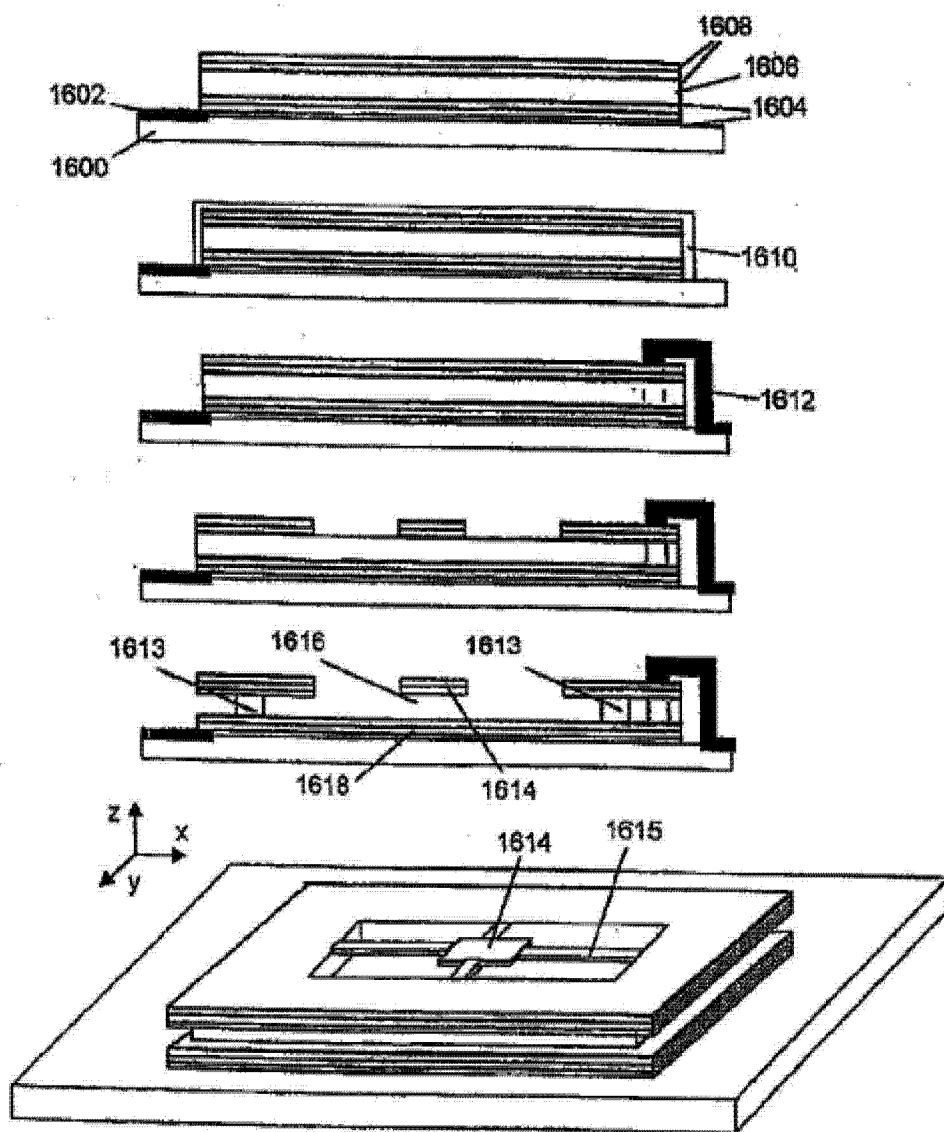


图 16

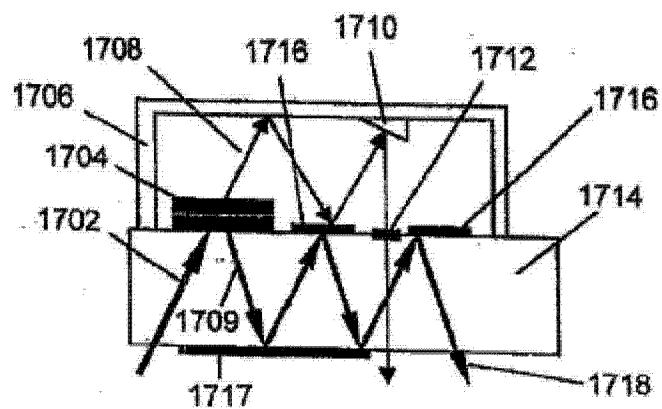


图 17A

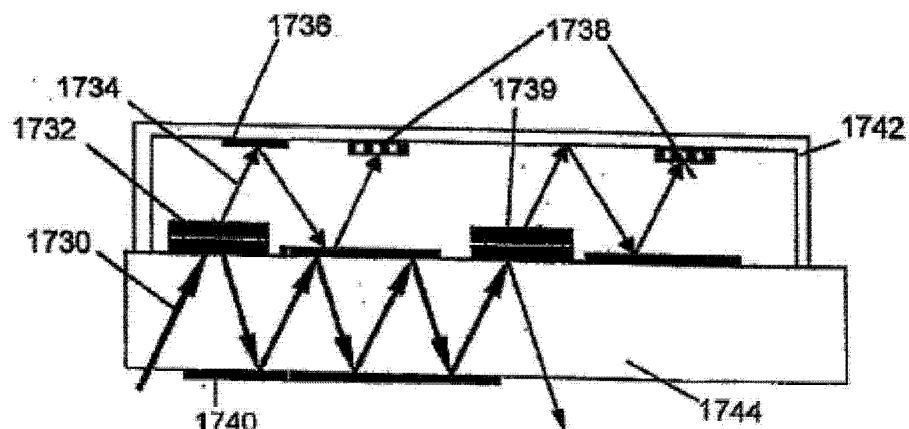


图 17B

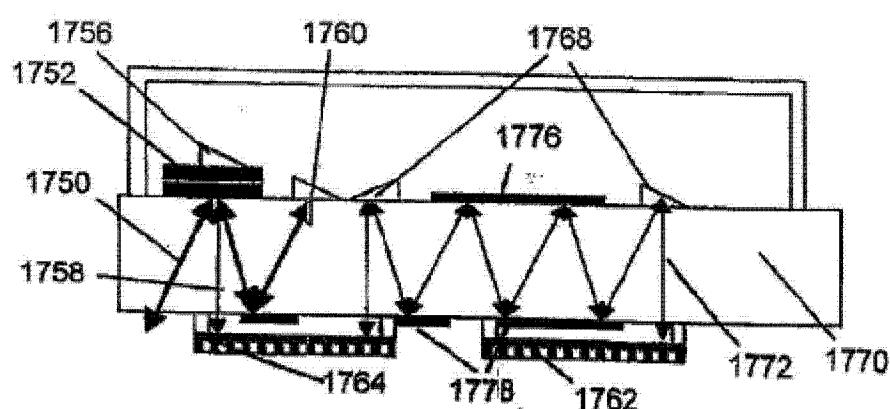
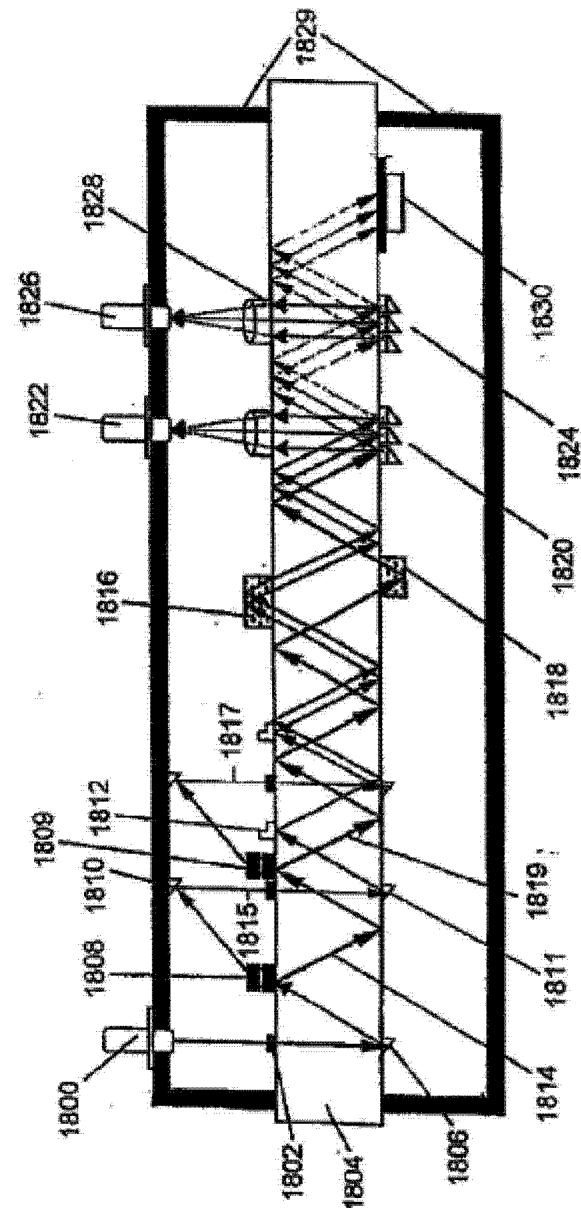
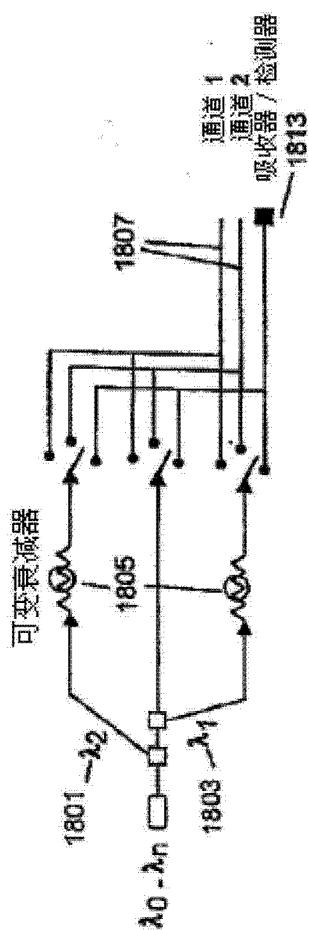


图 17C



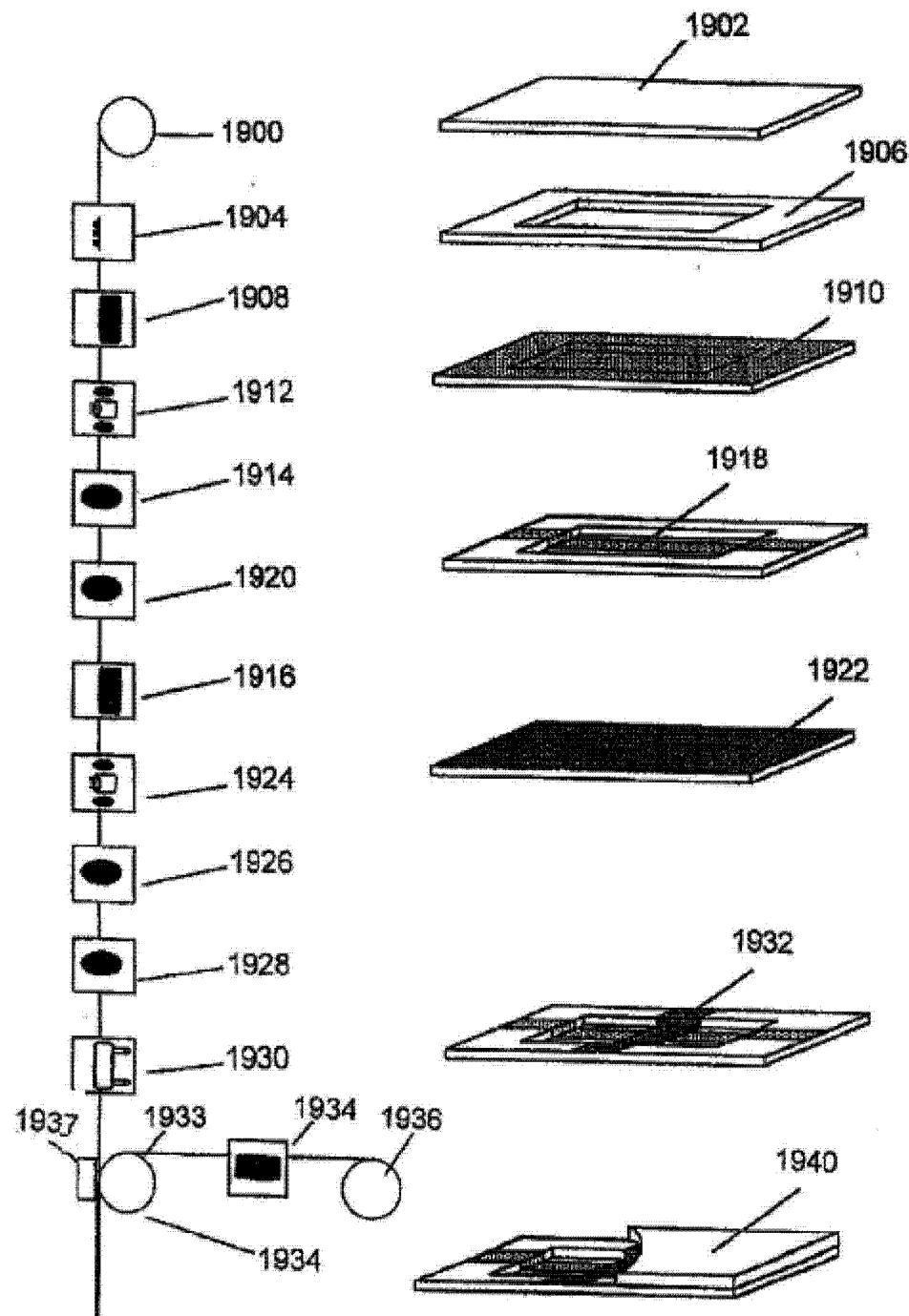
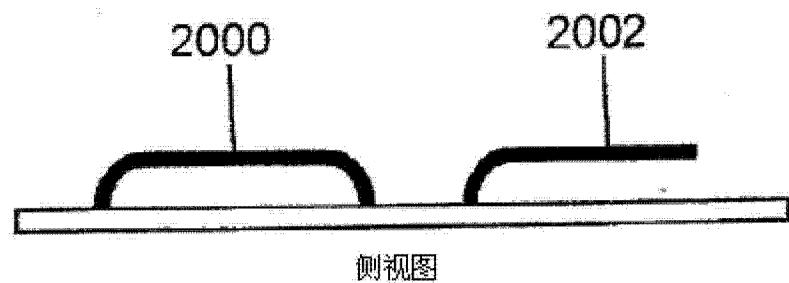
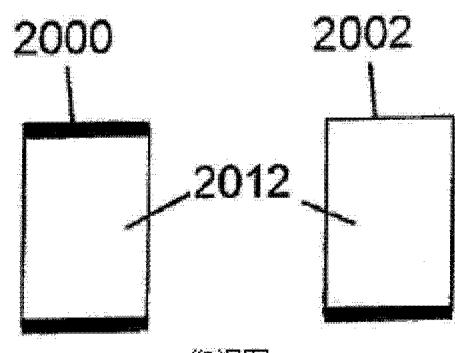


图 19



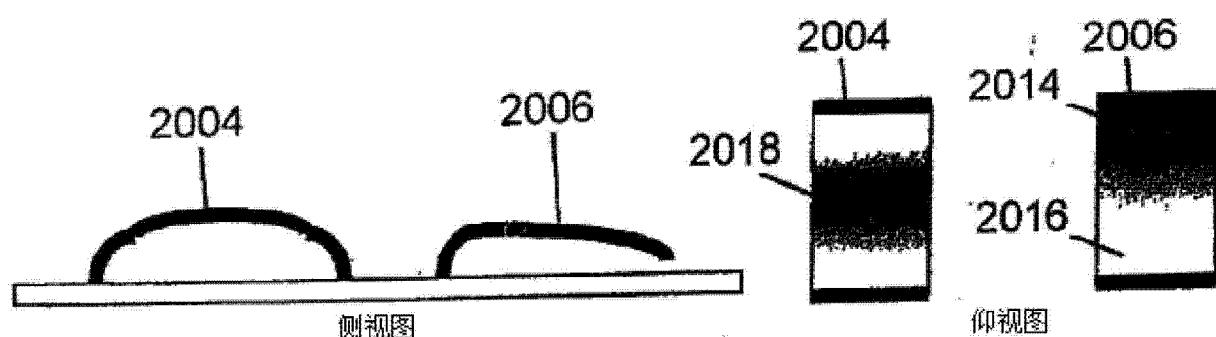
侧视图

图 20A



仰视图

图 20B



侧视图

仰视图

图 20C

图 20D

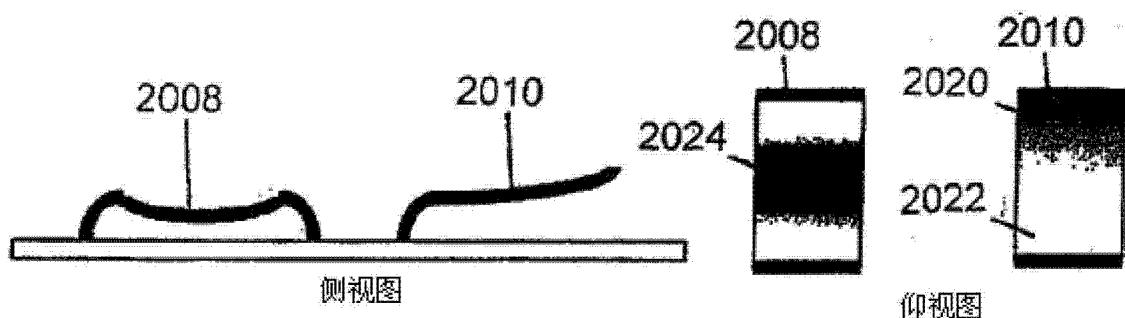


图 20E

图 20F

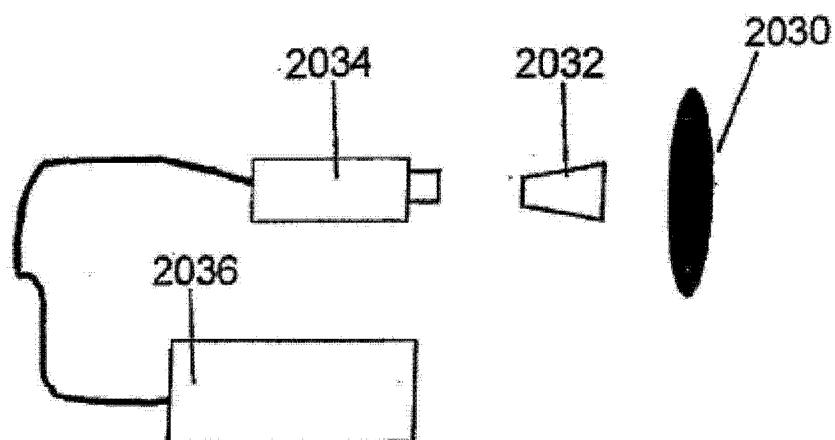


图 20G

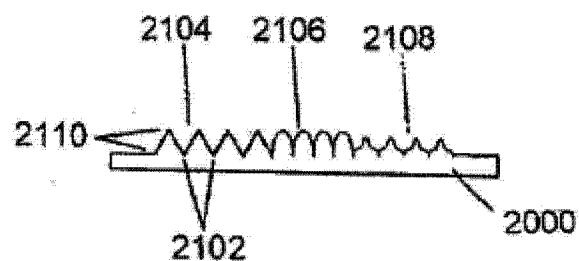


图 21A

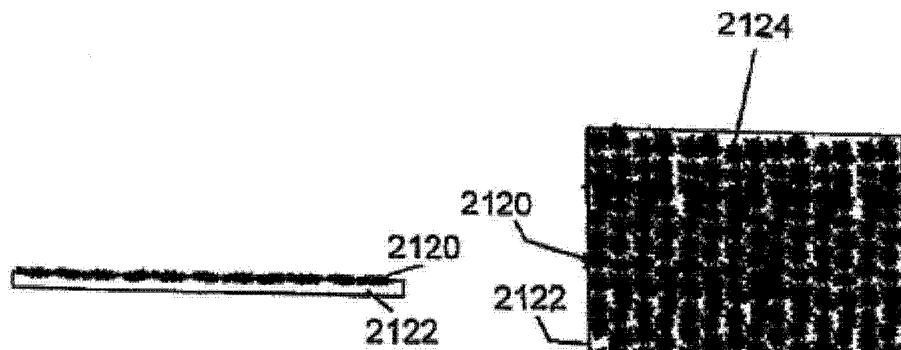


图 21B

图 21C

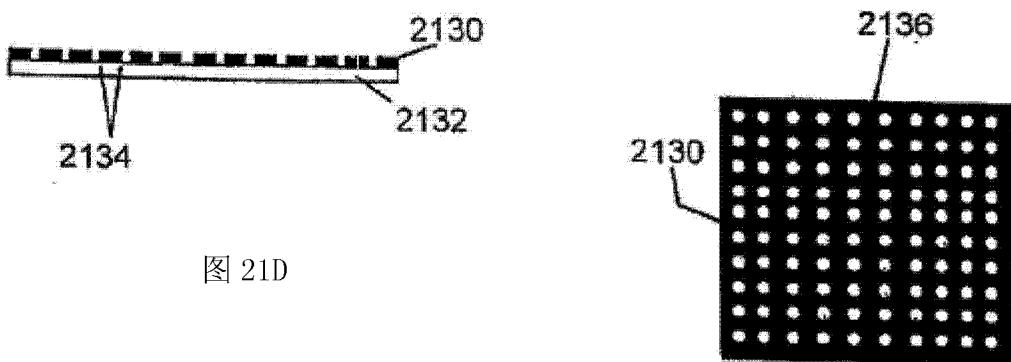


图 21D

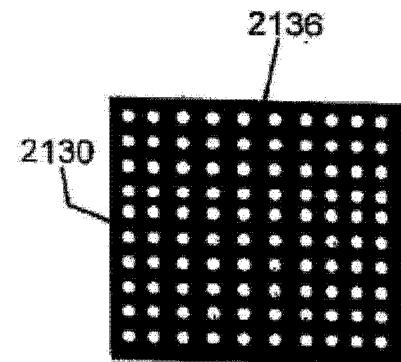


图 21E

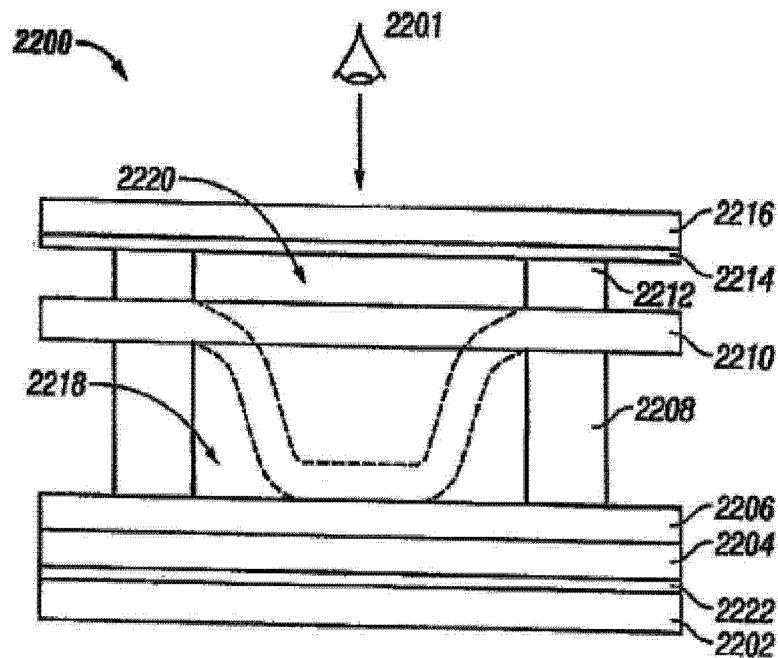


图 22A

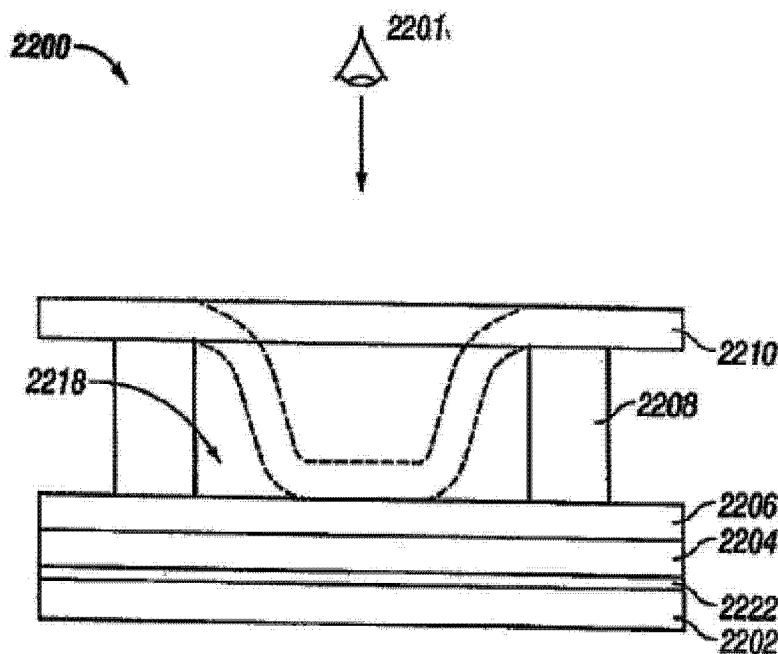


图 22B

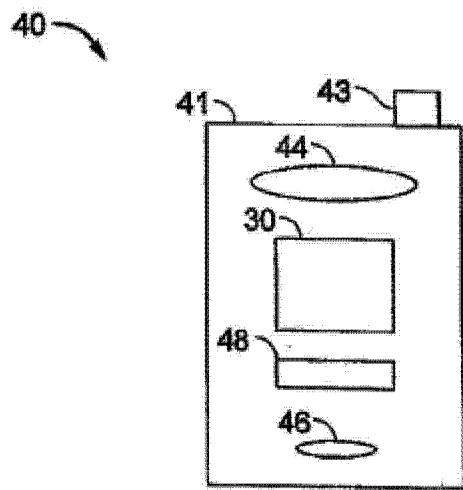


图 23A

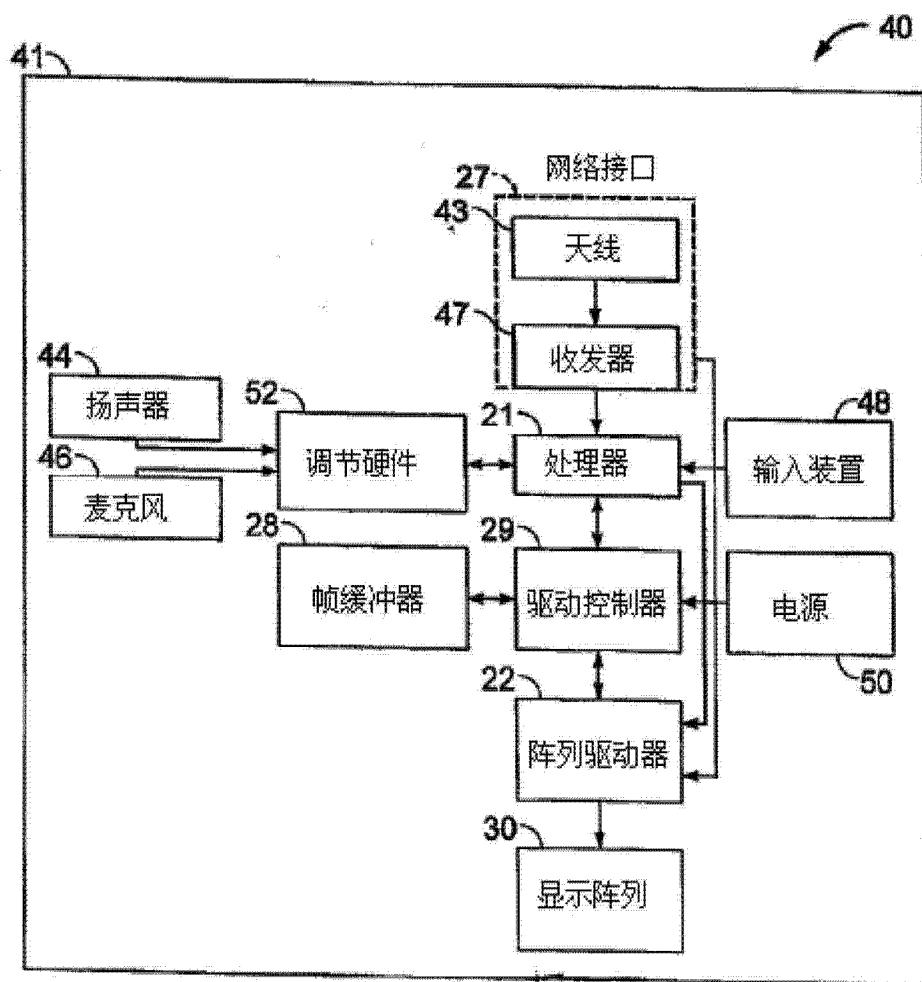


图 23B